

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-124544

(43)Date of publication of application : 11.05.2001

(51)Int.Cl.

G01C 3/06
H04N 5/225
H04N 13/02

(21)Application number : 11-302766

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 25.10.1999

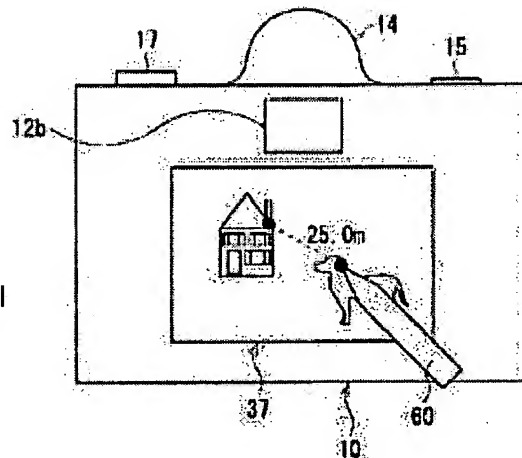
(72)Inventor : YAMAMOTO KIYOSHI
TANI NOBUHIRO

(54) DISTANCE-MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simply find various values, to be surveyed, which are aimed in an ordinary surveying operation in a camera-type distance-measuring device which detects a distance up to a subject for every pixel.

SOLUTION: A subject is irradiated with a distance-measuring light. Its reflected light is received by a CCD. A distance up to the subject corresponding to every pixel is detected, on the basis of a quantity of received light. A photographed image is displayed on an LCD37, which is installed on the back of a camera. A touch panel is arranged and installed at the LCD37, and a pixel which corresponds to a measuring point is selected by a pointing pen 60. On the basis of a distance which corresponds to the selected pixel, a coordinate value which uses the camera in the measuring point as a reference is found. When a value, to be measured, which is aimed is, e.g., an oblique distance between two measuring points, the two measuring points are selected by the pen 60, and the oblique distance between the two points is calculated on the basis of the found coordinate value. A calculated value to be surveyed is displayed on the LCD37.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Are the distance measuring equipment which detects distance to a photographic subject corresponding to each pixel of a photoed picture, and arbitrary pixels in said picture A selectable input means, Distance measuring equipment provided with a relative-position calculating means which computes a relative position over said distance measuring equipment of a photographic subject corresponding to said selected pixel.

[Claim 2] The distance measuring equipment according to claim 1 being a touch panel which detects a position of a portion which said input means was established along with a picture display part for displaying said photoed picture, and was used by a user, such as a nib.

[Claim 3] The distance measuring equipment according to claim 1 having a direction instruction button in which said input means controls movement of cursor displayed on said picture display part.

[Claim 4] The distance measuring equipment according to claim 1 being able to compute a slope distance for two arbitrary points of said picture.

[Claim 5] The distance measuring equipment according to claim 1, wherein a relative position of said photographic subject corresponding to a selected pixel is computed as a coordinate value which made the starting point one point of said distance measuring equipment.

[Claim 6] The distance measuring equipment according to claim 1 provided with an attitude detecting means which detects a posture of said distance measuring equipment.

[Claim 7] The distance measuring equipment according to claim 6, wherein detection of a posture in said attitude detecting means is performed by an angle-of-gradient sensor which detects an angle of gradient from the level surface or a vertical line of said distance measuring equipment.

[Claim 8] Arbitrary altitudes of one point in said picture, and arbitrary angles of vertical of one point in said picture, The distance measuring equipment according to claim 6 being able to compute at least one value in horizontal distance for two arbitrary points of said picture, altitude difference for two arbitrary points of said picture, a horizontal angle for two arbitrary points of said picture, and a horizontal area of a triangle which comprises three arbitrary points of said picture.

[Claim 9] The distance measuring equipment according to claim 1 provided with an azimuth detecting means which detects a direction which said distance measuring equipment has turned to.

[Claim 10] The distance measuring equipment according to claim 9 being able to compute a direction of arbitrary points in said picture.

[Claim 11] The distance measuring equipment according to claim 1 being able to input height from a reference point of the perpendicular direction of said distance measuring equipment by said input means.

[Claim 12] The distance measuring equipment according to claim 11 being able to compute height from said reference point of arbitrary points in said picture.

[Claim 13] A coordinate value of said photographic subject corresponding to one arbitrary point of said picture which makes the starting point one point of said distance measuring equipment, Arbitrary altitudes of one point in said picture, and arbitrary angles of vertical of one point in said picture, Horizontal distance for two arbitrary points of said picture, and altitude difference for two arbitrary points of said picture, At least one value in a horizontal angle for two arbitrary points of said picture and a horizontal area of a triangle which comprises three arbitrary points of said picture is computable, The distance measuring equipment according to claim 4 being able to display at least one of a value of said computed slope distance, said altitude, said angle of vertical, said horizontal distance, said altitude difference, said horizontal angle, and said horizontal area, and said coordinate values on said picture display part.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any

damages caused by the use of s translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the distance measuring equipment which detects the three-dimensional shape of a photographic subject, etc. using an optical propagation time measuring method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in surveying instruments, such as a total station, in order to determine the slope distance during the two point of measurement made into the purpose, the horizontal area corresponding to a horizontal angle or the three point of measurement, etc., it is necessary to measure the distance and the angle by each point of measurement for each point.

[0003] On the other hand, it is "Measurement Science and Technology" (S. Christie others) as distance measuring equipment which detects the distance to a photographic subject for every pixel. vol.6, p1301-1308, and 1995 What was indicated for the year, the thing indicated by the International-Publication 97/No. 01111 gazette, etc. are known. In such distance measuring equipment, the laser beam by which pulse modulation was carried out is irradiated by the photographic subject, light is received by two-dimensional CCD and the catoptric light is changed into an electrical signal. By controlling the shutter operation of the electrical engineering shutter which was combined with two-dimensional CCD at this time and which is mechanical or consists of liquid crystal display etc., the electrical signal correlated with the distance to a photographic subject is detectable for every pixel of CCD. It is collectively detected by the distance to a photographic subject corresponding for every pixel of CCD from this electrical signal. Detection of the distance at this time is performed by one shutter operation.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] An object of this invention is the slope distance during a measure point, the horizontal area corresponding to a horizontal angle or three measure points, etc. to obtain the distance measuring equipment which detects the location survey value made into the purpose in the usual location survey simple.

[0005]

[Means for Solving the Problem] As for distance measuring equipment of this invention, this invention is characterized by that distance measuring equipment which detects distance to a photographic subject corresponding to each pixel of a photoed picture comprises the following. It is a selectable input means about arbitrary pixels in a picture.

A relative-position calculating means which computes a relative position over distance measuring equipment of a photographic subject corresponding to a selected pixel.

[0006] For example, an input means is a touch sensor which detects a position of a portion which was provided along with a picture display part for displaying a photoed picture, and was *(ed) by cusp, such as a nib. Or an input means has a direction instruction button which controls movement of cursor displayed on a picture display part.

[0007] The distance measuring equipment can compute a slope distance for two arbitrary points of a picture preferably.

[0008] A relative position of a photographic subject corresponding to a preferably selected pixel

is computed as a coordinate value which made one point of distance measuring equipment the starting point.

[0009]Distance measuring equipment is preferably provided with an attitude detecting means which detects a posture of distance measuring equipment. For example, detection of a posture in an attitude detecting means is performed by angle-of-gradient sensor which detects an angle of gradient from the level surface or a vertical line of distance measuring equipment. At this time, altitudes of one point in a picture with arbitrary distance measuring equipment, and arbitrary angles of vertical of one point in a picture, At least one value in horizontal distance for two arbitrary points of a picture, altitude difference for two arbitrary points of a picture, a horizontal angle for two arbitrary points of a picture, and a horizontal area of a triangle which comprises three arbitrary points of a picture is computable.

[0010]Distance measuring equipment is provided with an azimuth detecting means which detects a suitable [distance measuring equipment] direction preferably. At this time, the distance measuring equipment can compute a direction of arbitrary points in a picture.

[0011]The distance measuring equipment can input height from a reference point of the perpendicular direction of distance measuring equipment by an input means preferably. At this time, the distance measuring equipment can compute height from a reference point of arbitrary points in a picture.

[0012]A coordinate value of a photographic subject corresponding to one arbitrary point of a picture which distance measuring equipment is preferred and makes one point of distance measuring equipment the starting point, Arbitrary altitudes of one point in a picture, arbitrary angles of vertical of one point in a picture, and horizontal distance for two arbitrary points of a picture, Altitude difference for two arbitrary points of a picture, and a horizontal angle for two arbitrary points of a picture, At least one value in a horizontal area of a triangle which comprises three arbitrary points of a picture can be computed, and at least one of a value of a computed slope distance, an altitude, an angle of vertical, horizontal distance, altitude difference, a horizontal angle, and a horizontal area and coordinate values can be displayed on a picture display part.

[0013]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, an embodiment of the invention is described with reference to Drawings. Drawing 1 is a perspective view of the camera type distance measuring equipment which is a 1st embodiment of this invention.

[0014]In the front face of the camera body 10, the finder window 12a (object side) is formed in the upper left of the taking lens 11, and the stroboscope 13 is formed in the upper right. In the upper surface of the camera body 10, the luminescent device 14 which irradiates with the laser beam which is distance measurement light is allocated right above the taking lens 11. The release switch 15 and the liquid crystal display panel 16 are formed in the left-hand side of the luminescent device 14, and the mode change dial 17, and the Measurement Division / reproduction mode changeover switch 18 are formed in right-hand side. the card slot 19 for inserting recording media, such as an IC memory card, is formed in the side of the camera body 10 -- the video output terminal 20 -- it is provided interface connector 21. Image display LCD panel 37 (picture display part) is formed in the back (refer to drawing 10) of the camera body 10, and the transparent touch panel 23 (touch sensor) is allocated in piles in the surface of LCD panel 37 by the sheet shaped. The finder window 12b (eyepiece side) is formed above LCD panel 37.

[0015]Drawing 2 is a block diagram showing the circuitry of the camera shown in drawing 1. It extracts into the taking lens 11 and 25 is provided. The opening of the diaphragm 25 is adjusted by the iris drive circuit 26. The focusing operation and zooming operation of the taking lens 11 are controlled by the lens drive circuit 27.

[0016]The image sensor (CCD) 28 is allocated on the optic axis of the taking lens 11. An object image is formed in CCD28 with the taking lens 11, and the electric charge corresponding to an object image occurs in it. Operation of the accumulation operation of the electric charge in CCD28, the reading operation of an electric charge, etc. is controlled by CCD drive circuit 30. It is amplified in the amplifier 31, the charge signal, i.e., the picture signal, which were read from

CCD28, and it is changed into a digital signal from an analog signal in A/D converter 32. A gamma correction etc. are processed in the imaging signal processing circuit 33, and a digital picture signal is temporarily stored in the image memory 34. The iris drive circuit 26, the lens drive circuit 27, CCD drive circuit 30, and the imaging signal processing circuit 33 are controlled by the system control circuit 35.

[0017] A picture signal is read from the image memory 34, and is supplied to LCD driving circuit 36. LCD driving circuit 36 operates according to a picture signal, and, thereby, the picture corresponding to a picture signal is displayed on image display LCD panel 37. At this time, a picture signal is overlapped on the signal from the character generator circuit 22 which generates the signal about text etc. in LCD driving circuit 36 if needed. That is, a picture, text, etc. which were read from the image memory 34 can be displayed on image display LCD panel 37 in piles. The character generator circuit 22 is controlled according to the signal instructions from the system control circuit 35.

[0018] In the system control circuit 35, the touch panel 23 is connected, if a pointing pen describes the specific position of the screen of LCD panel 37, the position on the touch panel 23 of the touched point is detected, and the pixel of corresponding LCD panel 37 can be detected.

[0019] If a camera is connected by the monitoring device 39 and cable in which it was provided to the exterior of the camera body 10, the picture signal read from the image memory 34 can be transmitted to the monitoring device 39 via the television signal encoder 38 and the video output terminal 20. The system control circuit 35 is connected to the interface circuit 40, and the interface circuit 40 is connected to the interface connector 21. Therefore, if it connects via the computer 41 and the interface cable 41 in which the camera was formed to the exterior of the camera body 10, the picture signal read from the image memory 34 can be transmitted to a computer. The system control circuit 35 is connected to the image recorder 43 via the recording-medium control circuit 42. Therefore, the picture signal read from the image memory 34 is recordable on the recording media M, such as an IC memory card with which the image recorder 43 was equipped.

[0020] The luminescent device 14 is constituted by the light emitting device 14a and the illumination lens 14b, and the emission operating of the light emitting device 14a is controlled by the light emitting device control circuit 44. The light emitting device 14a is a laser diode (LD), and the laser beam irradiated is used as distance measurement light for detecting the distance of a photographic subject. This laser beam is irradiated by the whole photographic subject via the illumination lens 14b. The laser beam reflected with the photographic subject enters into the taking lens 11, and the distance information to a photographic subject is detected by being detected by CCD28.

[0021] In the camera body 10, it has the azimuth sensor 46 and the angle-of-gradient sensor 48, and the angle of inclination of the direction and camera to which the lens of the camera is turned is detected by the direction detector circuit 47 and the angle-of-gradient detector circuit 49 based on the signal from the azimuth sensor 46 and the angle-of-gradient sensor 48. The direction detector circuit 47 and the angle-of-gradient detector circuit 49 are connected to the system control circuit 35, respectively, and the direction and angle of gradient which were detected are outputted to the system control circuit 35.

[0022] The switch group 45 which comprises the release switch 15, the mode change dial 17, and the Measurement Division / reproduction mode changeover switch 18, and the liquid crystal display panel (display device) 16 are connected to the system control circuit 35.

[0023] Next, with reference to drawing 3 and drawing 4, the principle of the range measurement in this embodiment is explained. In drawing 4, a horizontal axis is the time t.

[0024] It reflects in the photographic subject S and the distance measurement light outputted from the distance measuring equipment B is received by CCD which is not illustrated. Distance measurement light is a pulse form light which has predetermined pulse width H, therefore is a pulse form light in which the catoptric light from the photographic subject S also has the same pulse width H. Only time Δt (Δ is a retardation coefficient) is behind [the standup of the pulse of distance measurement light] in the standup of the pulse of catoptric light. Since it means that distance measurement light and catoptric light had followed twice between the

distance measuring equipment and the photographic subject S as any distance r as this, the distance r is $r = \Delta t - C/2 \dots (1)$

It is alike and is obtained more. However, C is the velocity of light.

[0025] For example, when it is made to switch to a state undetectable before it provides in the state which can detect catoptric light from the standup of the pulse of distance measurement light and the pulse of catoptric light falls (i.e., if the catoptric light detecting period T is formed), the light income A in this catoptric light detecting period T is a function of the distance r . That is, the light income A becomes so small (that time Δt becomes large) so that the distance r becomes large.

[0026] Using the principle mentioned above in this embodiment by being provided in CCD28 and detecting the light income A in two or more photo-diodes arranged in two dimensions, respectively, The distance from the camera body 10 to each point of the surface of the photographic subject S was detected, respectively, and the data of the three-dimensional picture about the shape of surface type of the photographic subject S is inputted collectively.

[0027] Drawing 5 is a figure showing arrangement of the photo-diode 51 and the vertical transfer part 52 which are provided in CCD28. Drawing 6 is a sectional view cutting and showing CCD28 at a flat surface vertical to the substrate 53. Conventionally, this CCD28 is publicly known interline type CCD, and uses a VOD (vertical mold overflow drain) method for an unnecessary electric charge to sweep out.

[0028] The photo-diode 51 and the vertical transfer part 52 are formed along the field of the n type substrate 53. The photo-diode 51 is arranged in the shape of a lattice in two dimensions, and the vertical transfer part 52 adjoins the photo-diode 51 located in a line in the predetermined direction (it is a sliding direction in drawing 5) at one row, and is provided. The vertical transfer part 52 has the four vertical transfer electrodes 52a, 52b, 52c, and 52d to the one photo-diode 51. Therefore, in the vertical transfer part 52, four potential wells can be formed, and conventionally, a signal charge can be outputted from CCD28 by controlling the depth of these wells so that it may be publicly known. The number of vertical transfer electrodes can be freely changed according to the purpose.

[0029] The photo-diode 51 is formed into the p type well formed in the surface of the substrate 53, and a p type well is formed into perfect depletion by the reverse bias voltage impressed between a p type well and the n type substrate 53. In this state, the electric charge according to the light volume of incident light (catoptric light from a photographic subject) is accumulated in the photo-diode 51. If substrate voltage V_{sub} is made large beyond a predetermined value, the electric charge accumulated in the photo-diode 51 will be swept out at the substrate 53 side. On the other hand, when a charge transfer signal (voltage signal) is impressed to the transfer gate part 54, the electric charge accumulated in the photo-diode 51 is transmitted to the vertical transfer part 52. That is, after sweeping out an electric charge to the substrate 53 side with an electric charge **** signal, the signal charge accumulated in the photo-diode 51 is transmitted to the vertical transfer part 52 side by a charge transfer signal. By repeating such operation, a signal charge finds the integral in the vertical transfer part 52, and what is called electronic shutter operation is realized.

[0030] Drawing 7 is a timing chart in distance information detecting operation, and explains the distance information detecting operation in this embodiment with reference to drawing 1, drawing 2, drawing 5 - drawing 7. In the distance information detecting operation of this embodiment, it differs from explanation of the principle of the range measurement performed with reference to drawing 4. The timing chart is constituted so that it may switch to a state undetectable after it provides in the state which can detect catoptric light from falling of the pulse of distance measurement light and the pulse of catoptric light falls, in order to reduce the noise under the influence of outdoor daylight, but it does not differ at all theoretically.

[0031] Synchronizing with the output of a Vertical Synchronizing signal (not shown), the electric charge **** signal (pulse signal) $S1$ is outputted, the unnecessary electric charge which this was accumulating in the photo-diode 51 is swept out in the direction of the substrate 53, and the amount of stored charge in the photo-diode 51 becomes zero (numerals $S2$). The pulse form distance measurement light $S3$ which has fixed pulse width is outputted after the start of the

output of the electric charge **** signal S1. The period (pulse width) when the distance measurement light S3 is outputted can be adjusted, and in the example of a graphic display, it is adjusted so that the distance measurement light S3 may turn off simultaneously with the output of the electric charge **** signal S1.

[0032] It reflects in a photographic subject and the distance measurement light S3 enters into CCD28. That is, although catoptric light S4 from a photographic subject is received by CCD28, while the electric charge **** signal S1 is outputted, an electric charge is not accumulated in the photo-diode 51 (numerals S2). If the output of the electric charge **** signal S1 is suspended, in the photo-diode 51, a charge storage will be started by light-receiving of catoptric light S4, and it will be generated by the signal charge S5 resulting from catoptric light S4 and outdoor daylight. If catoptric light S4 disappears (numerals S6), in the photo-diode 51, the charge storage based on catoptric light will be ended, but (numerals S7) the charge storage only resulting from outdoor daylight continues (numerals S8).

[0033] Then, an output of charge transfer signal S9 will transmit the electric charge accumulated in the photo-diode 51 to the vertical transfer part 52. This charge transfer is completed by the end (numerals S10) of the output of a charge transfer signal. That is, since outdoor daylight exists, a charge storage continues in the photo-diode 51, but the signal charge S11 accumulated in the photo-diode 51 is transmitted to the vertical transfer part 52 until the output of a charge transfer signal is completed. The electric charge S14 accumulated after the end of an output of a charge transfer signal remains to the photo-diode 51 as it is.

[0034] Thus, the signal charge corresponding to the distance to a photographic subject is accumulated in the photo-diode 51 between period T_{U1} until the output of charge transfer signal S9 is completed from the end of the output of the electric charge **** signal S1. And the electric charge accumulated in the photo-diode 51 till the end of light-receiving of catoptric light S4 (numerals S6) is transmitted to the vertical transfer part 52 as the distance information of a photographic subject, and the corresponding signal charge S12 (slash part), and the other signal charges S13 originate only in outdoor daylight.

[0035] After fixed time passes since the output of charge transfer signal S9, the electric charge **** signal S1 is outputted again, and the unnecessary electric charge accumulated in the photo-diode 51 after transmission of the signal charge to the vertical transfer part 52 is swept out in the direction of the substrate 53. That is, in the photo-diode 51, accumulation of a signal charge newly begins. And the same with having mentioned above, when electric charge storage period T_{U1} passes, a signal charge is transmitted to the vertical transfer part 52.

[0036] Repeat execution of the transfer operation to such a vertical transfer part 52 of the signal charge S11 is carried out until the following Vertical Synchronizing signal is outputted. Thereby, in the vertical transfer part 52, if the signal charge S11 with which the signal charge S11 integrated with and it integrated during the 1 field (period inserted by two Vertical Synchronizing signals) can be regarded as the period photographic subject standing it still, it supports the distance information to a photographic subject. Since it is minute compared with the signal charge S12, it can be considered that the signal charge S13 is [the signal charge S11] equal to the signal charge S12.

[0037] The detecting operation of the signal charge S11 explained above is related with the one photo-diode 51, and detecting operation like all the photo-diode 51 small levers is performed. In each part of the vertical transfer part 52 which adjoined each photo-diode 51, the distance information detected by the photo-diode 51 is held as a result of the detecting operation in the period of the 1 field. This distance information is outputted from CCD28 by the horizontal transfer operation in the horizontal transfer part in the vertical transfer part 52 which does not vertical-transfer-operate and is not illustrated.

[0038] Next, distance information detecting operation is explained with reference to drawing 8 which is a flow chart of distance information detecting operation. Distance information detecting operation is performed by setting the Measurement Division / reproduction mode changeover switch 18 which changes measuring mode and reproduction mode as measuring mode.

[0039] If it is checked that the release switch 15 is pressed fully in Step 101, while Step 102 will

be performed and a Vertical Synchronizing signal will be outputted, distance-measurement-light control is started. That is, the luminescent device 14 drives and the pulse form distance measurement light S3 is outputted intermittently. Subsequently, Step 103 is performed and the detection control by CCD28 is started. That is, the distance information detecting operation explained with reference to drawing 7 is started, the electric charge **** signal S1 and charge transfer signal S9 are outputted by turns, and the signal charge S11 of distance information finds the integral in the vertical transfer part 52.

[0040]It is judged [whether 1 field period expired from the start of distance information detecting operation, and] in Step 104 whether the Vertical Synchronizing signal was newly outputted. After 1 field period expires, it progresses to Step 105, and the signal charge of the distance information with which it integrated in the vertical transfer part 52 is outputted from CCD28. This signal charge is temporarily memorized by the image memory 34 in Step 106.

[0041]At Step 107, distance-measurement-light control is switched to an OFF state, and the emission operating of the luminescent device 14 stops. In Step 108, data processing of distance data is performed and distance data is temporarily memorized by the image memory 34 in Step 109.

[0042]In Step 110, the usual photographing operation (CCD video control) by CCD28 is provided in an ON state, the picture of the same photographic subject as the photographic subject picturized in distance information detecting operation is picturized, and it is detected as image data. The detected image data is temporarily memorized by the image memory 34 in Step 111.

[0043]In Step 112, the direction which the imaging lens has turned to with the azimuth sensor 46 is detected, and the angle of gradient of a camera is detected by the angle-of-gradient sensor 48 in Step 113. In Step 114, the azimuth data and angle-of-gradient data which were detected at distance data, the image data, and Steps 111 and 112 which were memorized temporarily are recorded on the memory 34 by record double medium M, and this routine is ended.

[0044]Next, the contents of data processing performed in Step 108 are explained with reference to drawing 7.

[0045]The photographic subject of the reflectance R is illuminated and the case where it was considered that this photographic subject was a secondary light source of the luminosity I, and image formation is carried out to CCD is assumed: output S_n produced between the charge storage time t by the electric charge generated in the photo-diode finding the integral at this time -- $S_n = k \cdot R \cdot I \cdot t \dots (2)$

It is come out and expressed. k is a proportionality constant and changes with the f numbers, magnifications, etc. of a taking lens here.

[0046]As shown in drawing 7, supposing it makes pulse width of the signal charge S12 of T_S and distance information into T_D and the charge storage time of 1 field term throughout is repeated N times in the pulse width of T_{U1} and the distance measurement light S3, charge storage time, Output SM_{10} obtained is $SM_{10} = \sum k \cdot R \cdot I \cdot T_D = k \cdot N \cdot R \cdot I \cdot T_D \dots (3)$

It becomes. Pulse width T_D is $T_D = \Delta t = 2r/C \dots (4)$

It can express. At this time, the distance r to a photographic subject is $r = C \cdot SM_{10} / (2 \text{ and } k \cdot N \cdot R \cdot I) \dots (5)$

It can come out and express. Therefore, the distance r will be found if it asks for the proportionality constant k , the reflectance R , and the luminosity I beforehand.

[0047]Drawing 9 is a flow chart of the program executed in the reproduction mode which displays the picture photoed in Step 110 on LCD panel 37, and computes the slope distance during the point of measurement, a horizontal angle, a horizontal area, etc. Since it is various and the location survey value computed is also various, the purpose of a location survey is explained taking the case of the slope distance, horizontal angle, and horizontal area which are three location survey values here. A slope distance is the distance during 2 point of measurement, and here a horizontal angle, When two half lines lengthened from the focus of the photographing optical system of a camera to the two point of measurement are projected to the level surface, it is an angle which two half lines make, and a horizontal area is area when the triangle

constituted considering the point of measurement as a vertex projected to the level surface. Reproduction mode is started by setting Measurement Division / reproduction mode changeover switch 18 as reproduction mode.

[0048]In Step 201, if it is checked that Measurement Division / reproduction mode changeover switch 18 is set as reproduction mode, processing will progress to Step 202 and a menu screen will be displayed. A slope distance, a horizontal angle, and the selections of a horizontal area are displayed on a menu screen like drawing 10, and in Step 203, it will be in a waiting state until which menu is selected. Drawing 10 is a rear elevation of a camera and shows arrangement at the back of LCD panel 37.

[0049]If an operator selects which menu using the pointing pen 60, image data will be read from the data recorded on the recording medium M in Step 114 of drawing 8. In Step 204, the repeat display of the read image data is carried out to LCD panel 37. It is judged in Step 205 whether the selected item is a slope distance. If judged with the selected item being a slope distance, in Step 209, processing for computing a slope distance will be performed and this processing will be ended.

[0050]If judged with the item selected at Step 205 not being a slope distance, it will be judged whether the item selected in Step 206 is a horizontal angle. If judged with it being a horizontal angle, in Step 208, processing for computing a horizontal angle will be performed and this processing will be ended. If judged with the item selected on the other hand in Step 206 not being a horizontal angle, processing which computes a horizontal area in Step 207 will be performed, and this processing will be ended.

[0051]Next, the slope-distance calculation processing performed in Step 209 with reference to drawing 11 is explained.

[0052]In Step 301, it will be in a waiting state until the 1st point of measurement is inputted. If an operator specifies arbitrary one on the screen of LCD37 using the pointing pen 60, the pixel will be chosen as the 1st point of measurement, and processing will move to Step 302. In Step 302, the input of the 2nd point of measurement is performed like the input of the 1st point of measurement, and the pixel corresponding to the point specified by the pointing pen is chosen as the 2nd point of measurement. In Step 303, the coordinate value of the coordinate system (camera coordinate system) on the basis of the camera to the 1st and 2nd selected point of measurement is computed based on the distance data to the photographic subject detected for every pixel. In Step 304, the slope distance during the point of measurement is found from the coordinate value of each point of measurement after that. A mark punctiform [centering on a selected picture element] when the 1st and 2nd point of measurement is chosen, so that it may be drawing 12. If the line segment which connects two selected pixels is displayed on LCD panel 37 like drawing 12 and a slope distance is computed, the value (for example, 25.0 m) will be displayed on the pixel side corresponding to the 2nd point of measurement. The signal about the computed value etc. of the slope distance displayed on these LCD panels 37 is generated in the character generator circuit 22 based on the signal instructions from the system control circuit 35, is superimposed by the picture signal about a photographic subject, and is displayed on LCD panel 37 (refer to drawing 2).

[0053]Next, the calculating method of the coordinate value made into the camera standard in Step 303 is explained with reference to drawing 13 - drawing 16.

[0054]Drawing 13 is a figure showing typically the relation between the camera coordinate system xyz which took focal P_f in the photographing optical system of a camera to the origin of coordinates, and the point Q on the photographic subject surface corresponding to the arbitrary point P (pixel) and it on CCD28. The y -axis is in agreement with the optic axis L_p , the z -axis is taken in parallel with the vertical axis of CCD28, and the direction is upward. The x axis is taken in parallel with the horizontal axis of CCD28. Point P_c are an acceptance surface of CCD28, and an intersection of the optic axis L_p , and are in agreement with the center of an acceptance surface. The point Q is a point on the photographic subject corresponding to the pixel of the point P on CCD28, and the coordinates are (x_Q, y_Q, z_Q) . The flat surface π is a flat surface parallel to CCD28 including the point Q. Point Q_c is an intersection of the optic axis L_p (y -axis)

and the flat surface p_i , and the coordinates are $(0, y_Q, 0)$.

[0055] Drawing 14 is the figure which looked at the acceptance surface of CCD28 from the transverse plane. The level of CCD28 and the vertical length are $2xH_0$ and $2xV_0$, respectively.

The point P is in H_p from center P_C of CCD28 to the left, and it is in the distance of V_p upwards. Point P_H is the foot of perpendicular taken down from the point P to horizontal-axis L_H of CCD28. Point P_V is the foot of perpendicular taken down from the point P to vertical-axis L_V of CCD28.

[0056] Drawing 15 expresses the relation between focal P_f and CCD28 on the flat surface containing focal P_f and horizontal-axis L_H of CCD28, angle θ_0 is horizontal angles of view, and f is a focal distance. When line segment $P_f P_H$ makes θ_p the optic axis L_p and the angle to make, angle θ_p is $\theta_p = \tan^{-1} (H_p/f) \dots (6)$

It asks "Be alike."

[0057] Drawing 16 expresses the relation between focal P_f and CCD28 on the flat surface containing focal P_f and vertical-axis L_V of CCD28, and angle θ_0 is a vertical field angle. When line segment $P_f P_V$ makes θ_p the optic axis L_p and the angle to make, angle θ_p is $\theta_p = \tan^{-1} (V_p/f) \dots (7)$

It asks "Be alike."

[0058] The length of line segment $P_f P$ which connects the point P to focal P_f is $P_f P =$

$(P_f P_H^2 + P_C P_V^2)^{1/2}$ from the length of line segment $P_f P_H$ and line segment $P_C P_V \dots (8)$

It asks "Be alike." Here, since it is $P_C P_V = V_p$ and $P_f P_H = f/\cos\theta_p$, $P_f P_H$ of (8) types and $P_C P_V$ are $P_f P = (f/\cos\theta_p)^2 + V_p^2)^{1/2} \dots (9)$

It can express.

[0059] the ratio of the length of line segment $P_f Q$ to the length of line segment $P_f P$ — if $P_f P/P_f Q$ is set to μ — coordinate component x_Q of the point Q, y_Q , and z_Q — $x_Q = H_p/\mu \dots (10)$

$y_Q = V_p/\mu \dots (11)$

$z_Q = f/\mu \dots (12)$

It is come out and computed. Distance H_p to the point P corresponding to the arbitrary pixels of the focal distances f and CCD28 and V_p are known. The length of line segment $P_f Q$ is the distance from focal P_f to the point Q of the photographic subject corresponding to the point P, and since the focal distance f is known, it is computable using the result of data processing of Step 108. On behalf of one pixel of CCD28, above-mentioned calculation is possible for the point P to all the pixels of CCD28. Therefore, the coordinates (x_Q, y_Q, z_Q) on the basis of the camera of the photographic subject (point Q) corresponding to arbitrary pixels (point P) are computable. The slope distance computed in Step 304 can be promptly found from the coordinate value of called-for each point.

[0060] If the mode in which the starting point of a coordinate system can be specified as the 1st point of measurement is formed, the distance from a camera to the arbitrary points (pixel) in a picture is also computable. Drawing 17 is what showed the example of a screen display at this time, and the distance (5.0 m) by the point of measurement corresponding to the pixel selected with the pointing pen 60 is displayed.

[0061] Next, with reference to drawing 18, the horizontal-angle calculation processing performed in Step 208 of drawing 9 is explained.

[0062] The processing of Step 401 — Step 403 which corresponds to Step 301 — Step 303 of slope-distance calculation processing, respectively, and is performed in each step is the same as the processing performed in Step 301 — Step 303. In Step 404, the coordinate value of each

point of measurement called by the camera coordinate system is transformed to standard coordinates. Standard coordinates are coordinate systems which are in agreement with a Y-axis in the X-axis and for north and as for which for east coincided perpendicular facing up with the Z-axis, for example here, and the position of the starting point is in agreement with the starting point of a camera coordinate system. In Step 405, the horizontal angle selected based on the changed coordinate value for two points is computed, and this subroutine is ended. At this time, the two point of measurement selected, for example and the horizontal angle searched for are displayed on LCD panel 37.

[0063]Next, the coordinate transformation processing performed in Step 404 with reference to drawing 19 is explained.

[0064]The coordinate system xyz shown in drawing 19 is a camera coordinate system shown by drawing 13, and the coordinate systems XYZ are standard coordinates. If direction cosine in the standard coordinates of a x axis, the y-axis, and the z-axis is made into (e_{21}, e_{22}, e_{23}) , and (e_{31}, e_{32}, e_{33}) , respectively (e_{11}, e_{12}, e_{13}) . The coordinate conversion from the standard coordinates XYZ to the camera coordinate system xyz is expressed by transformation-matrix T_R which uses such direction cosines as an ingredient.

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = T_R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}.$$

$$T_R = \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Since transformation-matrix T_R is an orthogonal transformation procession of $|T_R|=1$, the inverse-matrix T_R^{-1} is expressed by the transposed matrix of T_R . That is, coordinate conversion of standard coordinates is performed by (14) types from a camera coordinate system.

[Equation 2]

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = T_R^{-1} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}.$$

$$T_R^{-1} = \begin{pmatrix} e_{11} & e_{21} & e_{31} \\ e_{12} & e_{22} & e_{32} \\ e_{13} & e_{23} & e_{33} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Such direction cosines are called for from the direction and angle of gradient which are detected at Step 114 and Step 115.

[0065]The horizontal angle alpha from for [the optic axis L_p] north is searched for from the azimuth data detected by the azimuth sensor 46. By the angle-of-gradient sensor 48, the altitude beta of the optic axis L_p (y-axis) and the altitude gamma of a x axis are detectable. this time -- third component e_{13} of the direction cosine (e_{21}, e_{22}, e_{23}) of the y-axis (optic axis L_p), and x shaft-orientation cosine -- $e_{21} = \sin \beta \sin \alpha$... (15)

$$e_{22} = \sin \beta \cos \alpha \quad \dots (16)$$

$$e_{23} = \sin \beta \quad \dots (17)$$

$$e_{13} = \sin \gamma \quad \dots (18)$$

It is expressed be alike.

[0066]Including the starting point, since it is a flat surface vertical to the y-axis, a xy plane is $e_{21}x + e_{22}y + e_{23}z = 0$... (19)

It is expressed be alike. Since (19) types must be filled, x shaft-orientation cosine (e_{11}, e_{12}, e_{13})

is $e_{21}e_{11} + e_{22}e_{12} + e_{23}e_{13} = 0 \dots$

It comes out. In direction cosine (e_{11}, e_{12}, e_{13}) , it is $e_{11}^2 + e_{12}^2 + e_{13}^2 = 1 \dots$ (21)

There is *****.

[0067](14) The 1st of xi shaft-orientation cosine, e_{11} which is the 2nd ingredient, and e_{12} are called for from a formula - (17) type, (19) types, and (20) types. Namely, e_{11} and e_{12} , [Equation 3]

$$e_{11} = \frac{-e_{21}e_{23}e_{13} \pm \sqrt{e_{21}^2 + e_{22}^2 - e_{22}^2 e_{23}^2 e_{13}^2}}{e_{21}^2 + e_{22}^2} \quad (22)$$

$$e_{12} = -\frac{1}{e_{22}}(e_{21}e_{11} + e_{23}e_{13}) \quad (23)$$

Be alike is computed. Selection of the numerals of the positive/negative of (22) types is chosen so that standard coordinates may turn into a right-hand system.

[0068]The direction cosine (e_{31}, e_{32}, e_{33}) of z, It asks by the outer product of the unit vector (e_{11}, e_{12}, e_{13}) of a x axis expressed with the direction cosine called for in the top, and the unit vector (e_{21}, e_{22}, e_{23}) of the y-axis, and is $e_{31} = e_{12}e_{23} - e_{13}e_{22} \dots$ (24)

$$e_{32} = e_{13}e_{21} - e_{11}e_{23} \dots \quad (25)$$

$$e_{33} = e_{11}e_{22} - e_{12}e_{21} \dots \quad (26)$$

It is expressed.

[0069]All of x, y, and z shaft-orientation cosine are called for, and inverse transformation procession T_R^{-1} of transformation-matrix T_R of (13) types and (14) types is obtained by the above. That is, coordinates (x_Q, y_Q, z_Q) of a photographic subject corresponding to arbitrary pixels (point P) expressed with a camera coordinate system are convertible for standard coordinates by transformation-matrix T_R .

[0070]Next, a calculating method of a horizontal angle computed in Step 405 is explained. Since an XY plane is the level surface when (X_2, Y_2, Z_2) , a coordinate value in standard coordinates of the 1st and 2nd point of measurement selected at Step 401 and Step 402, respectively (X_1, Y_1, Z_1) , A coordinate value of a point which carried out orthogonal projection of the 1st and 2nd point of measurement to the level surface is set to $(X_2, Y_2, 0)$, respectively $(X_1, Y_1, 0)$, and is the horizontal angle psi during the 1st and 2nd point of measurement, [Equation 4]

$$\phi = \cos^{-1} \left(\frac{X_1 X_2 + Y_1 Y_2}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2} \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}} \right) \quad (27)$$

It asks "Be alike." If the mode which can choose (0, 1, 0) as this time, for example, the 1st point of measurement, is formed, a direction of the 2nd point of measurement can be searched for.

[0071]Next, horizontal area calculation processing performed in Step 207 of drawing 9 is explained with reference to drawing 20.

[0072]The three point of measurement is chosen in Step 501 - Step 503. The selection method is the same as that of a method (Step 301, 302 grades) of choosing the two point of measurement at the time of computing a slope distance and a horizontal angle. In Step 504, a coordinate value in a camera coordinate system of the three selected point of measurement is computed. In Step 505, it is given at the three point of measurement when coordinate conversion of Step 404 of horizontal-angle calculation processing and same coordinate conversion were chosen. In Step 506, a horizontal area of a triangle which becomes in the three selected point of measurement is computed. At this time, a value of a horizontal area computed with a line segment which connects them to a mark showing three selected points is displayed on a screen like the time of slope-distance calculation processing.

[0073] If a coordinate value in standard coordinates of the three point measurement is made into (X_2, Y_2, Z_2) , and (X_3, Y_3, Z_3) , respectively (X_1, Y_1, Z_1) , Coordinates of a point which carried out orthogonal projection of each point to the level surface are set to $(X_1, Y_1, 0)$, $(X_2, Y_2, 0)$, and $(X_3, Y_3, 0)$. If expressed with v_1 , v_2 , and v_3 by making coordinates $(X_1, Y_1, 0)$, $(X_2, Y_2, 0)$, and $(X_3, Y_3, 0)$ into a position vector, Horizontal area S_H is $S_H = |v_1 \times v_2 + v_2 \times v_3 + v_3 \times v_1| \dots$ (28) asks. However, \times expresses an outer product of a vector here and $||$ expresses the length of a vector.

[0074] Since a position of a photographic subject corresponding to arbitrary pixels of a photoed picture can be found on the basis of a camera as mentioned above according to this embodiment, various kinds of location survey values which are not influenced by a posture or a position of a camera, such as a slope distance for two arbitrary points of a picture, can be calculated simple. By having a sensor which detects a posture and a direction of a camera, a location survey value influenced by posture of cameras, such as a horizontal angle, an angle of direction, and a horizontal area, can also be obtained.

[0075] Next, a 2nd embodiment of this invention is described with reference to drawing 21. It is only an input means at the time of choosing a pixel corresponding to the point of measurement that a 2nd embodiment differs from a 1st embodiment, and it is the same as that of a 1st embodiment about other portions.

[0076] Drawing 21 is a rear elevation of camera type distance measuring equipment of a 2nd embodiment. At a 1st embodiment, although a touch panel was used as an input device, it is performed by the arrow type cursor 63 displayed on a screen, the direction instruction button 61 for operating this motion, and the determination button 62 by a 2nd embodiment. By pushing an arrow part which turned to the direction of four directions of the direction instruction button 61, the cursor 63 moves in the direction which corresponds a screen top. After doubling a tip part of the cursor 63 with a target pixel and an item, if the determination button 62 is pushed, the pixel and item will be chosen.

[0077] By the above, the same effect as a 1st embodiment can be acquired also in a 2nd embodiment.

[0078] According to this embodiment, although a touch panel and a direction instruction button were used as an input device, it may change to a direction instruction button and a trackball may be used.

[0079] In a slope distance during the two point of measurement, and slope-distance calculation processing in which a slope distance (distance from a camera) by the 2nd point of measurement is found for the 1st point of measurement as the starting point of a camera coordinate system, In the case of the former, a single click at a point may perform respectively tab control specification of two points on a screen by an input device, and it may carry out by double-clicking one on a screen corresponding to the 2nd point of measurement in the case of the latter. When searching for an angle of direction, for example and searching for a horizontal angle which specifies one arbitrary point by double click, and specifies two points similarly, it may be made to specify two points by single-clicking in each point also in a horizontal angle.

[0080] Although height of a camera is not taken into consideration, it may enable it to compute altitude of the point of measurement, etc. in this embodiment by fixing a camera to a tripod etc., for example and inputting into a camera level elevation and altitude of a camera which were measured using input devices, such as a touch panel.

[0081] Although this embodiment showed how to compute five kinds of location survey values, such as a selected slope distance for two points, a slope distance (distance) of a camera and a selected point, a selected horizontal angle for two points, a selected angle of direction of one point, and a selected horizontal area of three points, A location survey value computed in distance measuring equipment of this invention may be what kind of location survey value which is not necessarily limited to this and is calculated from an above-mentioned coordinate value. For example, horizontal distance which projected a slope distance during the point of measurement whose location survey value is two to the level surface, The difference of elevation during the two point of measurement, a latitude which is the distance in alignment with latitude lines, a departure which is the distance along circles of longitude, A half line lengthened from a

focus of a camera to the point of measurement may be a horizontal etc. of an altitude which are the level surface and an angle to make, an angle of vertical which is angles which a half line lengthened from a focus of a camera to the point of measurement makes with a vertical axis, and a polygon of three or more points.

[0082]

[Effect of the Invention] According to this invention, the distance measuring equipment which detects location survey values made into the purpose in the usual location survey, such as a slope distance during a measure point and a horizontal area corresponding to a horizontal angle or three measure points, simple can be obtained as mentioned above.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a perspective view of the camera type distance measuring equipment which is a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2] It is a block diagram showing the circuitry of the camera shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is a figure for explaining the principle of the range measurement by distance measurement light.

[Drawing 4] It is a figure showing distance measurement light, catoptric light, a gate pulse, and the luminous energy distribution that CCD receives.

[Drawing 5] It is a figure showing arrangement of the photo-diode and vertical transfer part which are provided in CCD.

[Drawing 6] It is a sectional view cutting and showing CCD at a flat surface vertical to a substrate.

[Drawing 7] It is a timing chart of distance information detecting operation which detects the data about the distance to a photographic subject.

[Drawing 8] It is a flow chart of distance information detecting operation.

[Drawing 9] It is a flow chart of the program executed at the time of reproduction mode.

[Drawing 10] It is the figure which illustrated the menu displayed on [of an LCD panel / the arrangement and there] it provided in the back of the camera there.

[Drawing 11] It is a flow chart of the subroutine of slope-distance calculation processing.

[Drawing 12] A screen display when finding the slope distance during the two selected point of measurement is illustrated.

[Drawing 13] the relation between the pixel of the coordinate system xyz, CCD28, and CCD28, and the point on the photographic subject corresponding to it -- a table -- the bottom is a figure.

[Drawing 14] It is a front view of CCD28.

[Drawing 15] It is a horizontal sectional view showing the relation of the focus and CCD28 in the photographing optical system of a camera.

[Drawing 16] It is the vertical cross section showing the relation of the focus and CCD28 in the

photographing optical system and a camera.

[Drawing 17] A screen display when finding the slope distance by a camera and the selected point of measurement is illustrated.

[Drawing 18] It is a flow chart of the subroutine of horizontal-angle calculation processing.

[Drawing 19] It is a figure showing the relation between the coordinate system xyz and the coordinate system XYZ.

[Drawing 20] It is a flow chart of the subroutine of horizontal area calculation processing.

[Drawing 21] It is a rear elevation of the camera type distance measuring equipment which is a 2nd embodiment of this invention.

[Description of Notations]

10 Camera body (distance measuring equipment)

23 Touch panel

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

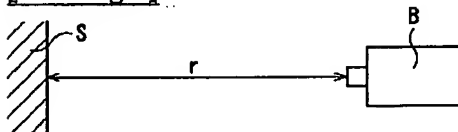
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

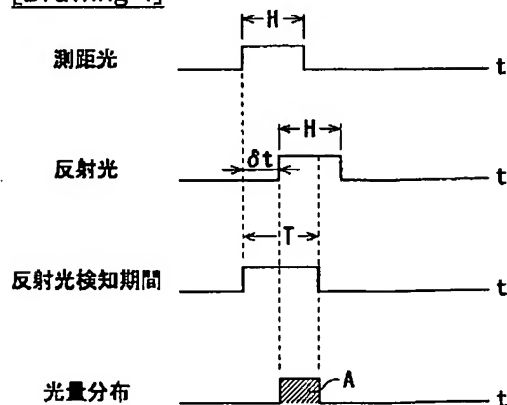
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

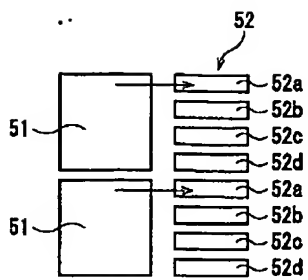
[Drawing 3]



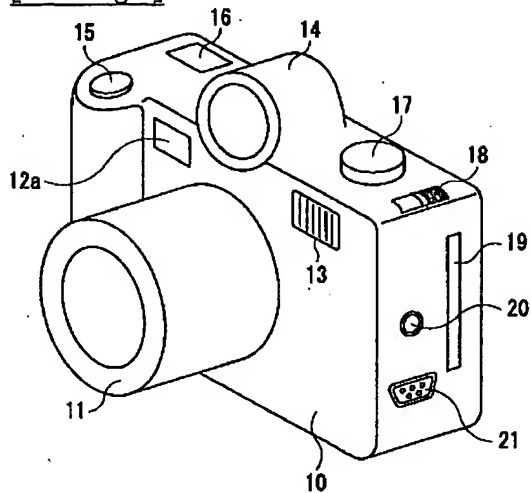
[Drawing 4]



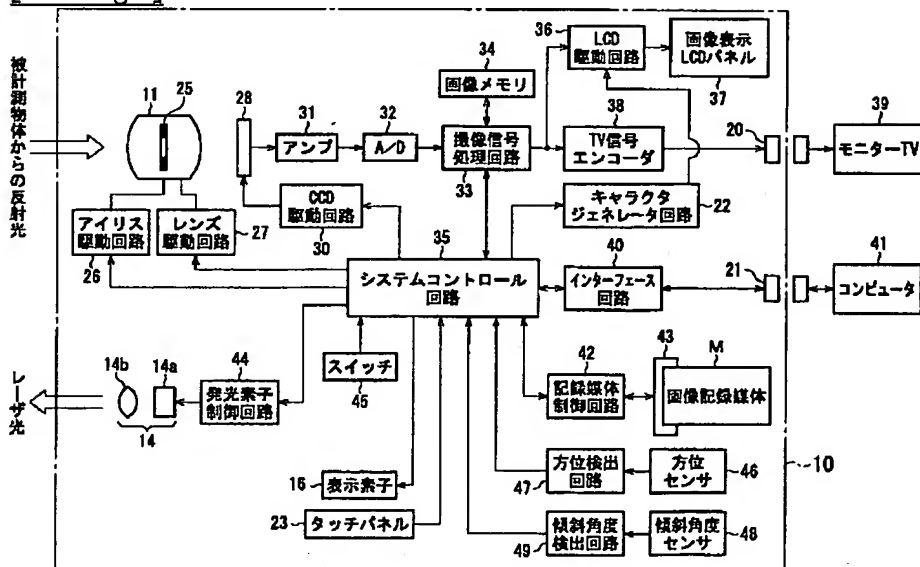
[Drawing 5]



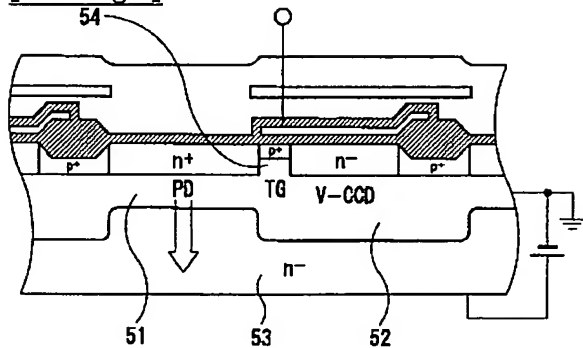
[Drawing 1]



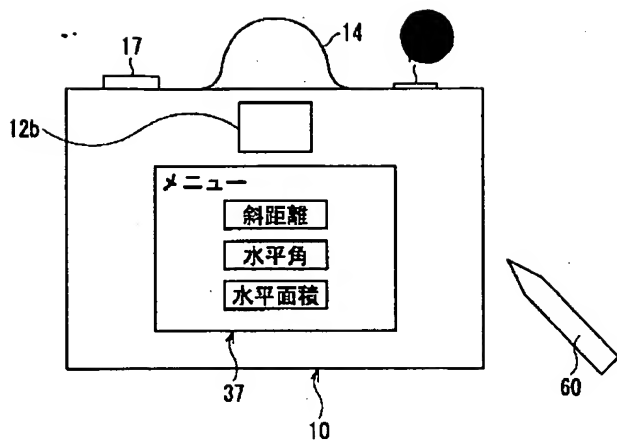
[Drawing 2]



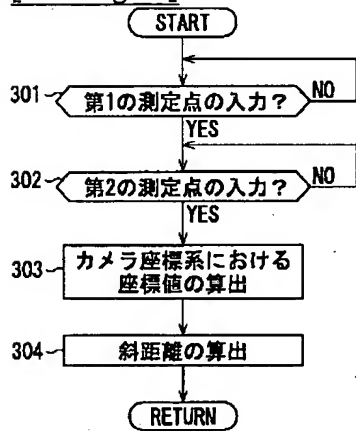
[Drawing 6]



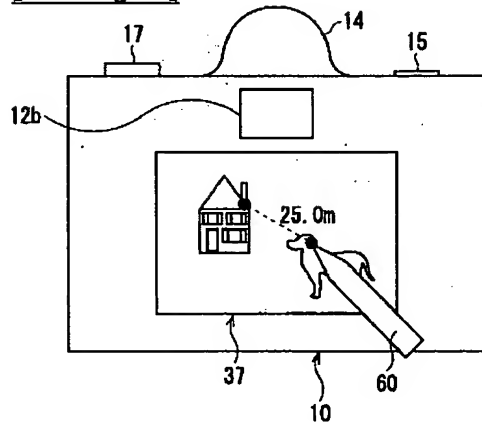
[Drawing 10]



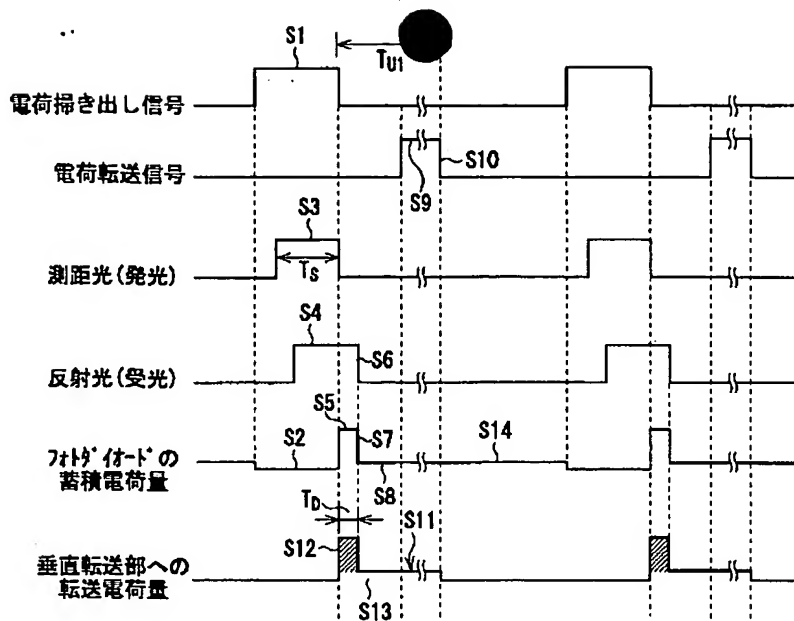
[Drawing 11]



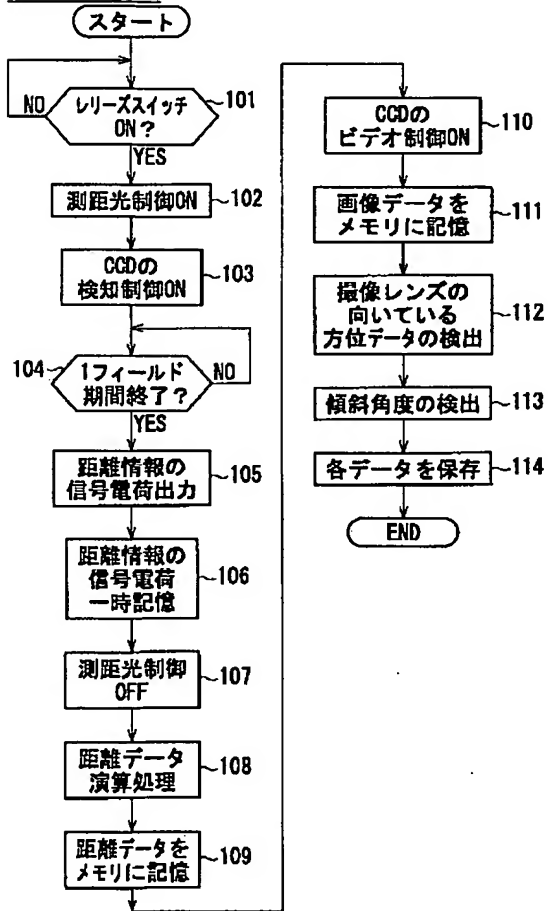
[Drawing 12]



[Drawing 7]

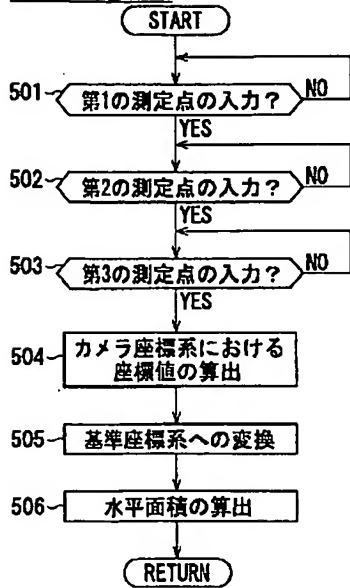


[Drawing 8]

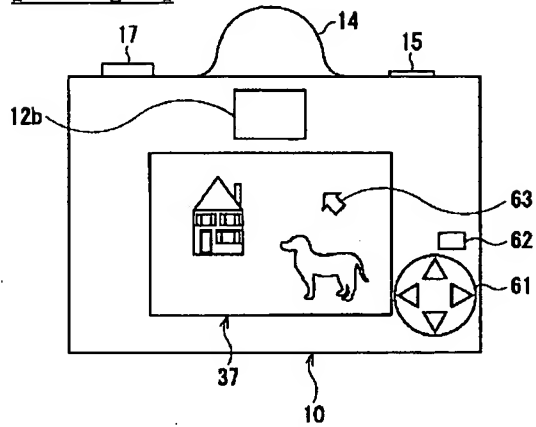


[Drawing 9]

[Drawing 20]



[Drawing 21]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-124544

(P2001-124544A)

(43)公開日 平成13年5月11日(2001.5.11)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード^{*}(参考)

G 0 1 C 3/06

G 0 1 C 3/06

A 2 F 1 1 2

H 0 4 N 5/225

H 0 4 N 5/225

Z 5 C 0 2 2

13/02

13/02

5 C 0 6 1

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平11-302766

(22)出願日

平成11年10月25日(1999.10.25)

(71)出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72)発明者 山本 清

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社内

(72)発明者 谷 信博

東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光学工業株式会社内

(74)代理人 100090169

弁理士 松浦 孝

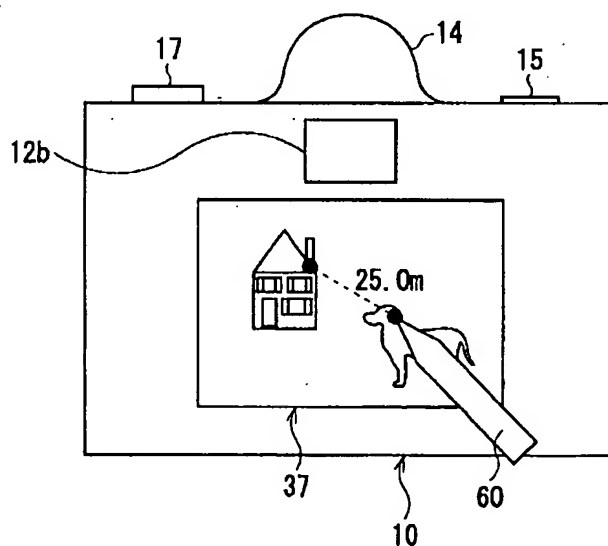
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 測距装置

(57)【要約】

【課題】 画素毎に被写体までの距離を検出するカメラ型の測距装置において、通常の測量において目的とされる各種測量値を簡便に求める。

【解決手段】 被写体に測距光を照射し、その反射光をCCDで受光することにより各画素に対応する被写体までの距離を受光量から検出する。撮影された画像をカメラ背面に設けられたLCD37に表示する。LCD37にタッチパネルを配設し、ポインティングペン60で測定点に対応する画素を選択する。選択された画素に対応する距離から、その測定点のカメラを基準にした座標値を求める。目的とする測量値が例えば2つの測定点間の斜距離であれば、2つの測定点をポインティングペン60で選択し、求められた各座標値から2点間の斜距離を算出する。算出された測量値をLCD37上に表示する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮影された画像の各画素に対応する被写体までの距離を検出する測距装置であって、前記画像中の任意の画素を選択可能な入力手段と、選択された前記画素に対応する被写体の前記測距装置に対する相対的な位置を算出する相対位置算出手段とを備えることを特徴とする測距装置。

【請求項 2】 前記入力手段が、撮影された前記画像を表示するための画像表示部に沿って設けられ、ペン先などの尖頭で触された部分の位置を検出するタッチパネルであることを特徴とする請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 3】 前記入力手段が、前記画像表示部に表示されたカーソルの移動を制御する方向指示ボタンを有することを特徴とする請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 4】 前記画像中の任意の 2 点間の斜距離を算出可能であることを特徴とする請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 5】 選択された画素に対応する前記被写体の相対的な位置が、前記測距装置の一点を原点とした座標値として算出されることを特徴とした請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 6】 前記測距装置の姿勢を検出する姿勢検出手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 7】 前記姿勢検出手段における姿勢の検出が、前記測距装置の水平面または鉛直線からの傾斜角度を検出する傾斜角度センサによって行われることを特徴とする請求項 6 に記載の測距装置。

【請求項 8】 前記画像中の任意の 1 点の高度角と、前記画像中の任意の 1 点の鉛直角と、前記画像中の任意の 2 点間の水平距離と、前記画像中の任意の 2 点間の高度差と、前記画像中の任意の 2 点間の水平角と、前記画像中の任意の 3 点で構成される三角形の水平面積とのうちの少なくとも一つの値を算出可能であることを特徴とする請求項 6 に記載の測距装置。

【請求項 9】 前記測距装置の向いている方位を検出する方位検出手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 10】 前記画像中の任意の点の方位を算出可能であることを特徴とする請求項 9 に記載の測距装置。

【請求項 11】 前記測距装置の鉛直方向の基準点からの高さを、前記入力手段により入力可能であることを特徴とする請求項 1 に記載の測距装置。

【請求項 12】 前記画像中の任意の点の前記基準点からの高さを算出可能であることを特徴とする請求項 11 に記載の測距装置。

【請求項 13】 前記測距装置の一点を原点とする前記画像中の任意の 1 点に対応する前記被写体の座標値と、前記画像中の任意の 1 点の高度角と、前記画像中の任意の 1 点の鉛直角と、前記画像中の任意の 2 点間の水平距

離と、前記画像中の任意の 2 点間の高度差と、前記画像中の任意の 2 点間の水平角と、前記画像中の任意の 3 点で構成される三角形の水平面積とのうちの少なくとも一つの値を算出可能であり、算出された前記斜距離、前記高度角、前記鉛直角、前記水平距離、前記高度差、前記水平角、前記水平面積の値および前記座標値のうち少なくとも 1 つを前記画像表示部に表示可能であることを特徴とする請求項 4 に記載の測距装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝播時間測定法を用いて被写体の 3 次元形状等を検出する測距装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来トータルステーション等の測量機器において、目的とする 2 つの測定点の間の斜距離や、水平角、または 3 つの測定点に対応する水平面積等を求めるには、各測定点までの距離や角度を各点毎に計測する必要がある。

【0003】一方、被写体までの距離を画素毎に検出する測距装置として、「Measurement Science and Technology」(S. Christie 他、vol. 6, p1301-1308, 1995 年)に記載されたものや、国際公開 97/01111 号公報に開示されたものなどが知られている。これらの測距装置では、パルス変調されたレーザ光が被写体に照射され、その反射光が 2 次元 CCD によって受光され、電気信号に変換される。このとき 2 次元 CCD と組み合わせられたメカニカルまたは液晶表示等からなる電気工学的シャッタのシャッタ動作を制御することにより、被写体までの距離に相関する電気信号を CCD の各画素毎に検出することができる。この電気信号から CCD の各画素毎に対応する被写体までの距離が一括して検出される。なお、このときの距離の検出は、1 回のシャッタ動作により行なわれる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、計測点間の斜距離や水平角、または 3 つの計測点に対応する水平面積など、通常の測量において目的とされる測量値を簡便に検出する測距装置を得ることを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の測距装置は、撮影された画像の各画素に対応する被写体までの距離を検出する測距装置であって、画像中の任意の画素を選択可能な入力手段と、選択された画素に対応する被写体の測距装置に対する相対的な位置を算出する相対位置算出手段とを備えることを特徴としている。

【0006】例えば入力手段は、撮影された画像を表示するための画像表示部に沿って設けられ、ペン先などの尖頭で触された部分の位置を検出するタッチセンサである。あるいは入力手段は、画像表示部に表示されたカー

ソルの移動を制御する方向指示ボタンを有する。

【0007】測距装置は好ましくは、画像中の任意の2点間の斜距離を算出可能である。

【0008】好ましくは選択された画素に対応する被写体の相対的な位置は、測距装置の一点を原点とした座標値として算出される。

【0009】測距装置は好ましくは、測距装置の姿勢を検出する姿勢検出手段を備える。例えば、姿勢検出手段における姿勢の検出は、測距装置の水平面または鉛直線からの傾斜角度を検出する傾斜角度センサによって行われ、このとき、測距装置は、画像中の任意の1点の高度角と、画像中の任意の1点の鉛直角と、画像中の任意の2点間の水平距離と、画像中の任意の2点間の高度差と、画像中の任意の2点間の水平角と、画像中の任意の3点で構成される三角形の水平面積とのうちの少なくとも一つの値を算出可能である。

【0010】測距装置は好ましくは、測距装置の向いている方位を検出する方位検出手段を備える。このとき測距装置は、画像中の任意の点の方位を算出可能である。

【0011】測距装置は好ましくは、測距装置の鉛直方向の基準点からの高さを、入力手段により入力可能である。このとき測距装置は、画像中の任意の点の基準点からの高さを算出可能である。

【0012】測距装置は好ましくは、測距装置の一点を原点とする画像中の任意の1点に対応する被写体の座標値と、画像中の任意の1点の高度角と、画像中の任意の1点の鉛直角と、画像中の任意の2点間の水平距離と、画像中の任意の2点間の高度差と、画像中の任意の2点間の水平角と、画像中の任意の3点で構成される三角形の水平面積とのうちの少なくとも一つの値を算出可能であり、算出された斜距離、高度角、鉛直角、水平距離、高度差、水平角、水平面積の値および座標値のうち少なくとも1つを画像表示部に表示可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1の実施形態であるカメラ型の測距装置の斜視図である。

【0014】カメラ本体10の前面において、撮影レンズ11の左上にはファインダ窓12a（対物側）が設けられ、右上にはストロボ13が設けられている。カメラ本体10の上面において、撮影レンズ11の真上には、測距光であるレーザ光を照射する発光装置14が配設されている。発光装置14の左側にはリリーススイッチ15、液晶表示パネル16が設けられ、右側にはモード切替ダイヤル17、計測／再生モード切替スイッチ18が設けられている。カメラ本体10の側面には、ICメモリカード等の記録媒体を挿入するためのカード挿入口19が形成され、またビデオ出力端子20、インターフェースコネクタ21設けられている。カメラ本体10の背

面（図10参照）には画像表示LCDパネル37（画像表示部）が設けられており、LCDパネル37の表面には、透明なタッチパネル23（タッチセンサ）がシート状に重ねて配設されている。またLCDパネル37の上方にはファインダ窓12b（接眼側）が設けられている。

【0015】図2は図1に示すカメラの回路構成を示すブロック図である。撮影レンズ11の中には絞り25が設けられている。絞り25の開度はアイリス駆動回路26によって調整される。撮影レンズ11の焦点調節動作およびズーム動作はレンズ駆動回路27によって制御される。

【0016】撮影レンズ11の光軸上には撮像素子（CCD）28が配設されている。CCD28には、撮影レンズ11によって被写体像が形成され、被写体像に対応した電荷が発生する。CCD28における電荷の蓄積動作、電荷の読出動作等の動作はCCD駆動回路30によって制御される。CCD28から読み出された電荷信号すなわち画像信号はアンプ31において増幅され、A/D変換器32においてアナログ信号からデジタル信号に変換される。デジタルの画像信号は撮像信号処理回路33においてガンマ補正等の処理を施され、画像メモリ34に一時的に格納される。アイリス駆動回路26、レンズ駆動回路27、CCD駆動回路30、撮像信号処理回路33はシステムコントロール回路35によって制御される。

【0017】画像信号は画像メモリ34から読み出され、LCD駆動回路36に供給される。LCD駆動回路36は画像信号に応じて動作し、これにより画像表示LCDパネル37には、画像信号に対応した画像が表示される。このときLCD駆動回路36では、文字情報等に関する信号を生成するキャラクタジェネレータ回路22からの信号が必要に応じて画像信号に重畳される。すなわち画像表示LCDパネル37には画像メモリ34から読み出された画像と文字情報等を重ねて表示可能である。キャラクタジェネレータ回路22は、システムコントロール回路35からの信号指令にしたがって制御される。

【0018】システムコントロール回路35には、タッチパネル23が接続されており、LCDパネル37の画面の特定の位置をポインティングペンで触れると、触れられた点のタッチパネル23上の位置が検出され、対応するLCDパネル37の画素を検出することができる。

【0019】カメラをカメラ本体10の外部に設けられたモニタ装置39とケーブルで接続すれば、画像メモリ34から読み出された画像信号はTV信号エンコーダ38、ビデオ出力端子20を介してモニタ装置39に伝送可能である。またシステムコントロール回路35はインターフェース回路40に接続されており、インターフェース回路40はインターフェースコネクタ21に接続さ

れている。したがってカメラをカメラ本体10の外部に設けられたコンピュータ41とインターフェースケーブル41を介して接続すれば、画像メモリ34から読み出された画像信号をコンピュータに伝送可能である。また、システムコントロール回路35は、記録媒体制御回路42を介して画像記録装置43に接続されている。したがって画像メモリ34から読み出された画像信号は、画像記録装置43に装着されたICメモリカード等の記録媒体Mに記録可能である。

【0020】発光装置14は発光素子14aと照明レンズ14bにより構成され、発光素子14aの発光動作は発光素子制御回路44によって制御される。発光素子14aはレーザダイオード(LD)であり、照射されるレーザ光は被写体の距離を検出するための測距光として用いられる。このレーザ光は照明レンズ14bを介して被写体の全体に照射される。被写体で反射したレーザ光が撮影レンズ11に入射し、CCD28で検出されることにより被写体までの距離情報が検出される。

【0021】カメラ本体10内には方位センサ46、傾斜角度センサ48が備えられており、カメラのレンズが向けられている方位およびカメラの傾斜角は、方位センサ46、傾斜角度センサ48からの信号に基いて、方位*

$$r = \delta \cdot t \cdot C / 2$$

により得られる。ただしCは光速である。

【0025】例えば測距光のパルスの立ち上がりから反射光を検知可能な状態に定め、反射光のパルスが立ち下がる前に検知不可能な状態に切換えるようにすると、すなわち反射光検知期間Tを設けると、この反射光検知期間Tにおける受光量Aは距離rの関数である。すなわち受光量Aは、距離rが大きくなるほど(時間 $\delta \cdot t$ が大きくなるほど)小さくなる。

【0026】本実施形態では上述した原理を利用して、CCD28に設けられ、2次的に配列された複数のフォトダイオードにおいてそれぞれ受光量Aを検出することにより、カメラ本体10から被写体Sの表面の各点までの距離をそれぞれ検出し、被写体Sの表面形状に関する3次元画像のデータを一括して入力している。

【0027】図5は、CCD28に設けられるフォトダイオード51と垂直転送部52の配置を示す図である。図6は、CCD28を基板53に垂直な平面で切断して示す断面図である。このCCD28は従来公知のインターライン型CCDであり、不要電荷の掃出しにVOD(縦型オーバーフローレイン)方式を用いたものである。

【0028】フォトダイオード51と垂直転送部52はn型基板53の面に沿って形成されている。フォトダイオード51は2次的に格子状に配列され、垂直転送部52は所定方向(図5において上下方向)に1列に並ぶフォトダイオード51に隣接して設けられている。垂直転送部52は、1つのフォトダイオード51に対して

* 検出回路47、傾斜角度検出回路49により検出される。方位検出回路47、傾斜角度検出回路49はシステムコントロール回路35にそれぞれ接続されており、検出された方位および傾斜角度は、システムコントロール回路35へ出力される。

【0022】システムコントロール回路35には、レリーズスイッチ15、モード切替ダイヤル17、計測/再生モード切替スイッチ18から成るスイッチ群45と、液晶表示パネル(表示素子)16とが接続されている。

【0023】次に図3および図4を参照して、本実施形態における距離測定の原理について説明する。なお図4において横軸は時間tである。

【0024】距離測定装置Bから出力された測距光は被写体Sにおいて反射し、図示しないCCDによって受光される。測距光は所定のパルス幅Hを有するパルス状の光であり、したがって被写体Sからの反射光も、同じパルス幅Hを有するパルス状の光である。また反射光のパルスの立ち上がりは、測距光のパルスの立ち上がりよりも時間 $\delta \cdot t$ (δ は遅延係数)だけ遅れる。測距光と反射光は距離測定装置Bと被写体Sの間の2倍の距離rを進んだことになるから、その距離rは

$$\dots (1)$$

4つの垂直転送電極52a, 52b, 52c, 52dを有している。したがって垂直転送部52では、4つのポテンシャルの井戸が形成可能であり、従来公知のように、これらの井戸の深さを制御することによって、信号電荷をCCD28から出力することができる。なお、垂直転送電極の数は目的に応じて自由に変更できる。

【0029】基板53の表面に形成されたp型井戸の中にフォトダイオード51が形成され、p型井戸とn型基板53の間に印加される逆バイアス電圧によってp型井戸が完全空乏化される。この状態において、入射光(被写体からの反射光)の光量に応じた電荷がフォトダイオード51において蓄積される。基板電圧Vsubを所定値以上に大きくすると、フォトダイオード51に蓄積した電荷は、基板53側に掃出される。これに対し、転送ゲート部54に電荷転送信号(電圧信号)が印加されたとき、フォトダイオード51に蓄積した電荷は垂直転送部52に転送される。すなわち電荷掃出信号によって電荷を基板53側に掃出した後、フォトダイオード51に蓄積した信号電荷が、電荷転送信号によって垂直転送部52側に転送される。このような動作を繰り返すことにより、垂直転送部52において信号電荷が積分され、いわゆる電子シャッタ動作が実現される。

【0030】図7は距離情報検出動作におけるタイミングチャートであり、図1、図2、図5~図7を参照して本実施形態における距離情報検出動作について説明する。なお本実施形態の距離情報検出動作では、図4を参照して行なった距離測定の原理の説明とは異なり、外光

の影響による雑音を低減するために測距光のパルスの立ち下がりから反射光を検知可能な状態に定め、反射光のパルスが立ち下がった後に検知不可能な状態に切り換えるようにタイミングチャートを構成しているが原理的には何ら異なるものではない。

【0031】垂直同期信号（図示せず）の出力に同期して電荷掃出し信号（パルス信号）S1が出力され、これによりフォトダイオード51に蓄積していた不要電荷が基板53の方向に掃出され、フォトダイオード51における蓄積電荷量はゼロになる（符号S2）。電荷掃出し信号S1の出力の開始の後、一定のパルス幅を有するパルス状の測距光S3が出力される。測距光S3が出力される期間（パルス幅）は調整可能であり、図示例では、電荷掃出し信号S1の出力と同時に測距光S3がオフするように調整されている。

【0032】測距光S3は被写体において反射し、CCD28に入射する。すなわちCCD28によって被写体からの反射光S4が受光されるが、電荷掃出し信号S1が出力されている間は、フォトダイオード51において電荷は蓄積されない（符号S2）。電荷掃出し信号S1の出力が停止されると、フォトダイオード51では、反射光S4の受光によって電荷蓄積が開始され、反射光S4と外光とに起因する信号電荷S5が発生する。反射光S4が消滅すると（符号S6）フォトダイオード51では、反射光に基く電荷蓄積は終了するが（符号S7）、外光のみに起因する電荷蓄積が継続する（符号S8）。

【0033】その後、電荷転送信号S9が出力されると、フォトダイオード51に蓄積された電荷が垂直転送部52に転送される。この電荷転送は、電荷転送信号の出力の終了（符号S10）によって完了する。すなわち、外光が存在するためにフォトダイオード51では電荷蓄積が継続するが、電荷転送信号の出力が終了するまでフォトダイオード51に蓄積されていた信号電荷S11が垂直転送部52へ転送される。電荷転送信号の出力終了後に蓄積している電荷S14は、そのままフォトダイオード51に残留する。

【0034】このように電荷掃出し信号S1の出力の終了から電荷転送信号S9の出力が終了するまでの期間T₀₁の間、フォトダイオード51には、被写体までの距離に対応した信号電荷が蓄積される。そして、反射光S4の受光終了（符号S6）までフォトダイオード51に蓄積している電荷が、被写体の距離情報と対応した信号電荷S12（斜線部）として垂直転送部52へ転送され、その他の信号電荷S13は外光のみに起因するものである。

【0035】電荷転送信号S9の出力から一定時間が経過した後、再び電荷掃出し信号S1が出力され、垂直転送部52への信号電荷の転送後にフォトダイオード51に蓄積された不要電荷が基板53の方向へ掃出される。すなわち、フォトダイオード51において新たに信号電

荷の蓄積が開始する。そして、上述したのと同様に、電荷蓄積期間T₀₁が経過したとき、信号電荷は垂直転送部52へ転送される。

【0036】このような信号電荷S11の垂直転送部52への転送動作は、次の垂直同期信号が出力されるまで、繰り返し実行される。これにより垂直転送部52において、信号電荷S11が積分され、1フィールドの期間（2つの垂直同期信号によって挟まれる期間）に積分された信号電荷S11は、その期間被写体が静止していると見做せれば、被写体までの距離情報に対応している。なお信号電荷S13は信号電荷S12に比べ微小であるため信号電荷S11は信号電荷S12と等しいと見なすことができる。

【0037】以上説明した信号電荷S11の検出動作は1つのフォトダイオード51に関するものであり、全てのフォトダイオード51においてこのような検出動作が行なわれる。1フィールドの期間における検出動作の結果、各フォトダイオード51に隣接した垂直転送部52の各部位には、そのフォトダイオード51によって検出された距離情報が保持される。この距離情報は垂直転送部52における垂直転送動作および図示しない水平転送部における水平転送動作によってCCD28から出力される。

【0038】次に距離情報検出動作のフローチャートである図8を参照して距離情報検出動作について説明する。なお距離情報検出動作は、計測モードと再生モードを切り替える計測／再生モード切替スイッチ18を計測モードに設定することにより行われる。

【0039】ステップ101においてリリーススイッチ15が全押しされていることが確認されるとステップ102が実行され、垂直同期信号が出力されるとともに測距光制御が開始される。すなわち発光装置14が駆動され、パルス状の測距光S3が断続的に出力される。次いでステップ103が実行され、CCD28による検知制御が開始される。すなわち図7を参照して説明した距離情報検出動作が開始され、電荷掃出し信号S1と電荷転送信号S9が交互に出力されて、距離情報の信号電荷S11が垂直転送部52において積分される。

【0040】ステップ104では、距離情報検出動作の開始から1フィールド期間が終了したか否か、すなわち新たに垂直同期信号が出力されたか否かが判定される。1フィールド期間が終了するとステップ105へ進み、垂直転送部52において積分された距離情報の信号電荷がCCD28から出力される。この信号電荷はステップ106において画像メモリ34に一時的に記憶される。

【0041】ステップ107では測距光制御がオフ状態に切り換えられ、発光装置14の発光動作が停止する。ステップ108では、距離データの演算処理が行なわれ、ステップ109において距離データが画像メモリ34に一時的に記憶される。

【0042】ステップ110では、CCD28による通常の撮影動作（CCDビデオ制御）がオン状態に定められ、距離情報検出動作において撮像された被写体と同一の被写体の画像が撮像され画像データとして検出される。検出された画像データは、ステップ111において画像メモリ34に一時的に記憶される。

【0043】ステップ112では、方位センサ46により撮像レンズの向いている方位が検出され、ステップ113では、カメラの傾斜角度が傾斜角度センサ48により検出される。ステップ114では、メモリ34に一時*10

$$S_n = k \cdot R \cdot I \cdot t$$

で表される。ここでkは比例定数で、撮影レンズのFナンバーや倍率等によって変化する。

【0046】図7に示されるように電荷蓄積時間を T_{01} 、測距光S3のパルス幅を T_s 、距離情報の信号電*

$$\begin{aligned} SM_{10} &= \sum k \cdot R \cdot I \cdot T_s \\ &= k \cdot N \cdot R \cdot I \cdot T_s \end{aligned}$$

となる。なお、パルス幅 T_s は

$$\begin{aligned} T_s &= \delta \cdot t \\ &= 2r/C \end{aligned}$$

と表せる。このとき被写体までの距離rは

$$r = C \cdot SM_{10} / (2 \cdot k \cdot N \cdot R \cdot I)$$

で表せる。したがって比例定数k、反射率R、輝度Iを予め求めておけば距離rが求められる。

【0047】図9は、ステップ110において撮影された画像をLCDパネル37に表示し、測定点の間の斜距離や水平角、水平面積等の算出を行なう再生モードにおいて実行されるプログラムのフローチャートである。測定の目的は様々であり、算出される測量値も様々であるため、ここでは3つの測量値である斜距離、水平角、水平面積を例にとり説明する。ここで斜距離は、2つ測定点の間の距離であり、水平角は、カメラの撮影光学系の焦点から2つの測定点へ伸ばした2つの半直線を水平面へ投影したときに2つの半直線がなす角のことであり、水平面積は、3つの測定点を頂点として構成される三角形を水平面へ投影したときの面積である。なお、再生モードは、計測/再生モード切替スイッチ18を再生モードに設定することにより起動される。

【0048】ステップ201において、計測/再生モード切替スイッチ18が再生モードに設定されていることが確認されると、処理はステップ202へ進み、メニュー画面が表示される。メニュー画面には、斜距離、水平角、水平面積の選択項目が例えば図10のように表示され、ステップ203では、何れかのメニューが選択されるまで待機状態となる。なお図10はカメラの背面図であり、LCDパネル37の背面での配置を示している。

【0049】オペレータがポインティングペン60を用いて、何れかのメニューを選択すると、図8のステップ114において記録媒体Mに記録されたデータから画像データが読み出される。読み出された画像データは、ス

*的に記憶された距離データや画像データおよびステップ111、112で検出された方位データ、傾斜角度データが記録倍媒体Mに記録されこのルーチンは終了する。

【0044】次にステップ108において実行される演算処理の内容を図7を参照して説明する。

【0045】反射率Rの被写体が照明され、この被写体が輝度Iの2次光源と見做されてCCDに結像された場合を想定する。このとき、電荷蓄積時間tの間にフォトダイオードに発生した電荷が積分されて得られる出力 S_n は、

$$\dots (2)$$

※荷 S_{12} のパルス幅を T_s とし、1フィールド期間中その電荷蓄積時間がN回繰り返されるとすると、得られる出力 SM_{10} は、

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

ステップ204においてLCDパネル37に再生表示される。ステップ205では、選択された項目が斜距離であるか否かが判定される。選択された項目が斜距離であると判定されるとステップ209において、斜距離を算出するための処理が行なわれ、この処理は終了する。

【0050】ステップ205で選択された項目が斜距離ではないと判定されると、ステップ206において選択された項目が水平角であるか否かが判定される。水平角であると判定されるとステップ208において、水平角を算出するための処理が行なわれ、この処理は終了する。一方ステップ206において選択された項目が水平角ではないと判定されると、ステップ207において水平面積を算出する処理が行なわれ、この処理は終了する。

【0051】次に図11を参照してステップ209において実行される斜距離算出処理について説明する。

【0052】ステップ301では、第1の測定点が入力されるまで待機状態となる。オペレータがポインティングペン60を用いてLCD37の画面上の任意の一点を指定すると、その画素が第1の測定点として選択され、ステップ302へ処理が移る。ステップ302では、第2の測定点の入力が第1の測定点の入力と同様に行われ、ポインティングペンにより指定された点に対応する画素が第2の測定点として選択される。ステップ303では、画素毎に検出された被写体までの距離データに基づいて、選択された第1及び第2の測定点に対するカメラを基準とした座標系（カメラ座標系）の座標値が算出される。その後ステップ304において、各測定点の座

標値から測定点間の斜距離が求められる。なお、第1及び第2の測定点が選択されると、図12のよう選択画面を中心にした点状のマークと、2つの選択された画素を結ぶ線分が図12のようにLCDパネル37に表示され、斜距離が算出されると、その値(例えば25.0m)が第2の測定点に対応する画素の傍に表示される。なお、これらLCDパネル37に表示される斜距離の算出値などに関する信号は、システムコントロール回路35からの信号指令に基づいてキャラクタジェネレータ回路22で生成され、被写体に関する画像信号に重畳されLCDパネル37に表示される(図2参照)。

【0053】次にステップ303におけるカメラ基準とした座標値の算出方法について図13～図16を参照して説明する。

【0054】図13は、カメラの撮影光学系における焦点 P_r を座標原点に取ったカメラ座標系 $x y z$ とCCD28上の任意の点P(画素)と、それに対応する被写体表面上の点Qとの関係を模式的に示した図である。 y 軸は光軸 L_p に一致しており、 z 軸はCCD28の垂直軸に並行に取られ、その向きは上向きである。また x 軸は*

$$\theta_r = \tan^{-1} (H_r / f)$$

によって求められる。

【0057】図16は、焦点 P_r とCCD28との関係を焦点 P_r とCCD28の垂直軸 L_v を含む平面上で表*

$$\theta_v = \tan^{-1} (V_r / f)$$

によって求められる。

【0058】焦点 P_r と点Pを結ぶ線分 $P_r P$ の長さ★

$$P_r P = (P_r P_H^2 + P_r P_V^2)^{1/2} \quad \dots (8)$$

によって求められる。ここで、(8)式の $P_r P_H$ 、 $P_r P_V$ は、
 $P_r P_V = V_r$ 、

$$P_r P = ((f / \cos \theta_r)^2 + V_r^2)^{1/2} \quad \dots (9)$$

と表すことができる。

【0059】線分 $P_r Q$ の長さと、線分 $P_r P$ の長さの◆

$$x_0 = H_r / \mu$$

$$y_0 = V_r / \mu$$

$$z_0 = f / \mu$$

で算出される。焦点距離 f およびCCD28の任意の画素に対応する点Pまでの距離 H_r 、 V_r は既知である。また、線分 $P_r Q$ の長さは、焦点 P_r から点Pに対応する被写体の点Qまでの距離であり、焦点距離 f は既知なので、ステップ108の演算処理の結果を用いて算出可能である。点Pは、CCD28の1つの画素を代表したものであり、上述の計算はCCD28の全ての画素に対して可能である。したがって、任意の画素(点P)に対応する被写体(点Q)のカメラを基準とした座標

(x_0 , y_0 , z_0)が算出可能である。なお、ステップ304において算出される斜距離は、求められた各点の座標値から直ちに求めることができる。

【0060】また、第1の測定点として座標系の原点を

* CCD28の水平軸に並行にとられている。点 P_r はCCD28の受光面と光軸 L_p の交点であり、受光面の中心に一致する。点 Q はCCD28上の点Pの画素に対応する被写体上の点であり、その座標は(x_0 , y_0 , z_0)である。平面 Π は点 Q を含むCCD28に平行な平面である。点 Q_c は光軸 L_p (y 軸)と平面 Π の交点であり、その座標は(0, y_0 , 0)である。

【0055】図14は、CCD28の受光面を正面から見た図である。CCD28の水平、垂直方向の長さはそれぞれ $2 \times H_0$ 、 $2 \times V_0$ である。点PはCCD28の中心 P_c から左へ H_r 、上へ V_r の距離にある。点 P_H は、点PからCCD28の水平軸 L_H へ下ろした垂線の足である。また点 P_V は、点PからCCD28の垂直軸 L_V へ下ろした垂線の足である。

【0056】図15は、焦点 P_r とCCD28との関係を焦点 P_r とCCD28の水平軸 L_H を含む平面上で表したものであり、角 θ_r は水平画角、 f は焦点距離である。線分 $P_r P_H$ が光軸 L_p となす角を θ_r 、とすると、角 θ_r は、

$$\dots (6)$$

※したものであり、角 θ_r は垂直画角である。線分 $P_r P_V$ が光軸 L_p となす角を θ_v 、とすると、角 θ_v は、

$$\dots (7)$$

★は、線分 $P_r P_H$ と線分 $P_r P_V$ の長さから、

$$\star P_r P_H = f / \cos \theta_r$$

30 なので、

☆

◆比 $P_r P / P_r Q$ を μ とすると、点Qの座標成分 x_0 、 y_0 、 z_0 は、

$$\dots (10)$$

$$\dots (11)$$

$$\dots (12)$$

指定可能なモードを設けておけば、カメラから画像中の任意の点(画素)までの距離を算出することもできる。

図17は、このときの画面表示例を示したもので、ポインティングペン60により選択された画素に対応する測定点までの距離(5.0m)が表示されている。

【0061】次に、図18を参照して、図9のステップ208において実行される水平角算出処理について説明する。

【0062】ステップ401～ステップ403は、斜距離算出処理のステップ301～ステップ303にそれぞれ対応し、各ステップにおいて行われる処理はステップ301～ステップ303において行われる処理と同一である。ステップ404では、カメラ座標系によって求め

られた各測定点の座標値を基準座標系へ座標変換する。
ここで基準座標系とは、例えば東向きをX軸、北向きをY軸、鉛直上向きをZ軸に一致させた座標系で、その原点の位置はカメラ座標系の原点に一致する。ステップ405では、変換された座標値に基づいて選択された2点間における水平角が算出され、このサブルーチンは終了する。このときLCDパネル37には、例えば選択された2つの測定点と求められた水平角が表示される。

【0063】次に図19を参照してステップ404にお*

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = T_R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix},$$

$$T_R = \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} \end{pmatrix}$$

(13)

変換行列 T_R は、 $|T_R| = 1$ の直交変換行列なので、その逆行列 T_R^{-1} は T_R の転置行列によって表される。

すなわちカメラ座標系から基準座標系の座標変換は、※

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = T_R^{-1} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix},$$

$$T_R^{-1} = \begin{pmatrix} e_{11} & e_{21} & e_{31} \\ e_{12} & e_{22} & e_{32} \\ e_{13} & e_{23} & e_{33} \end{pmatrix}$$

(14)

これらの方向余弦は、ステップ114、ステップ115で検出される方位や傾斜角度から求められる。

【0065】方位センサ46により検出された方位データから光軸Lpの北向きからの水平角 α が求められる。★

$$e_{21} = \sin \beta \cdot \sin \alpha$$

・・・ (15)

$$e_{22} = \sin \beta \cdot \cos \alpha$$

・・・ (16)

$$e_{23} = \sin \beta$$

・・・ (17)

$$e_{13} = \sin \gamma$$

・・・ (18)

によって表される。

☆なので、

【0066】xy平面は、原点を含みy軸に垂直な平面☆

$$e_{21}x + e_{22}y + e_{23}z = 0$$

・・・ (19)

によって表される。x軸の方向余弦(e_{11} , e_{12} , ◆ ◆ e_{13})は、(19)式を満たさなければならないので、

$$e_{21}e_{11} + e_{22}e_{12} + e_{23}e_{13} = 0$$

・・・ (20)

である。また、方向余弦(e_{11} , e_{12} , e_{13})には、

$$e_{11}^2 + e_{12}^2 + e_{13}^2 = 1$$

・・・ (21)

の関係がある。

e_{11} , e_{12} が求められる。すなわち、 e_{11} , e_{12} は、

【0067】(14)式～(17)式と(19)式、

【数3】

(20)式からx軸の方向余弦の第1、第2成分である

$$e_{11} = \frac{-e_{21}e_{23}e_{13} \pm \sqrt{e_{21}^2 + e_{22}^2 - e_{22}^2 e_{23}^2 e_{13}^2}}{e_{21}^2 + e_{22}^2}$$

(22)

$$e_{12} = -\frac{1}{e_{22}}(e_{21}e_{11} + e_{23}e_{13})$$

(23)

によって算出される。なお(22)式の正負の符号の選択は、基準座標系が右手系になるように選択される。

50

* いて実行される座標変換処理について説明する。

【0064】図19に示された座標系xyzは、図13で示されたカメラ座標系であり、座標系XYZは基準座標系である。x軸、y軸、z軸の基準座標系での方向余弦をそれぞれ(e_{11} , e_{12} , e_{13})、(e_{21} , e_{22} , e_{23})、(e_{31} , e_{32} , e_{33})とすると、基準座標系XYZからカメラ座標系xyzへの座標変換は、これらの方向余弦を成分とする変換行列 T_R によって表される。

【数1】

※ (14)式によって行われる。

【数2】

★また傾斜角度センサ48により、光軸Lp(y軸)の高度角 β と、x軸の高度角 γ が検出可能である。このときy軸(光軸Lp)の方向余弦(e_{21} , e_{22} , e_{23})およびx軸の方向余弦の第3成分 e_{13} は、

(e_{11}, e_{12}, e_{13}) と、y 軸の単位ベクトル (e_{21}, e_{22}, e_{23}) の外積によって求められ、

$$e_{31} = e_{12} e_{23} - e_{13} e_{22}$$

$$\dots (24)$$

$$e_{32} = e_{13} e_{21} - e_{11} e_{23}$$

$$\dots (25)$$

$$e_{33} = e_{11} e_{22} - e_{12} e_{21}$$

$$\dots (26)$$

と表される。

【0069】以上により、x、y、z 軸の方向余弦が全て求められ、(13)式の変換行列 T_r および(14)式の逆変換行列 T_r^{-1} が得られる。すなわち、カメラ座標系で表された任意の画素(点P)に対応する被写体の座標 (x_0, y_0, z_0) は変換行列 T_r により基準座標系に変換できる。

【0070】次にステップ405において算出される水※

$$\phi = \cos^{-1} \left(\frac{X_1 X_2 + Y_1 Y_2}{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2} \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}} \right)$$

(27)

によって求められる。このとき例えば第1の測定点として(0, 1, 0)を選択できるモードを設けておけば、第2の測定点の方位を求めることができる。

【0071】次に、図9のステップ207において実行される水平面積算出処理について、図20を参照して説明する。

【0072】ステップ501～ステップ503では、3つの測定点を選択される。その選択方法は、斜距離や水平角を算出する際の2つの測定点を選択する方法(ステップ301、302等)と同様である。ステップ504では、選択された3つの測定点のカメラ座標系での座標値が算出される。ステップ505では、水平角算出処理のステップ404の座標変換と同様の座標変換が選択された3つの測定点に施される。ステップ506では、選択された3つの測定点でなる三角形の水平面積が算出される。このとき斜距離算出処理のときと同様に、画面上には選択された3つの点を表すマークとそれらを結ぶ線分とともに算出された水平面積の値が表示される。

【0073】3つの測定点の基準座標系での座標値をそれぞれ (X_1, Y_1, Z_1)、(X_2, Y_2, Z_2)、(X_3, Y_3, Z_3) とすると、それぞれの点を水平面へ正射影した点の座標は ($X_1, Y_1, 0$)、($X_2, Y_2, 0$)、($X_3, Y_3, 0$) となる。座標 ($X_1, Y_1, 0$)、($X_2, Y_2, 0$)、($X_3, Y_3, 0$) を位置ベクトルとして v_1, v_2, v_3 で表すと、水平面積 S_H は、 $S_H = |v_1 \times v_2 + v_2 \times v_3 + v_3 \times v_1|$ (28) によって求められる。ただし、ここで \times はベクトルの外積を表し、 $| |$ はベクトルの長さを表す。

【0074】以上のように本実施形態によれば、撮影された画像の任意の画素に対応する被写体の位置が、カメラを基準として求まるので、画像中の任意の2点間の斜距離など、カメラの姿勢や位置に影響されない各種の測量値を簡便に求めることができる。またカメラの姿勢や方位を検出するセンサを備えることにより、水平角、方

※平角の算出方法について説明する。ステップ401、ステップ402で選択された第1及び第2の測定点の基準座標系での座標値をそれぞれ (X_1, Y_1, Z_1)、(X_2, Y_2, Z_2) とすると、XY平面は水平面なので、第1及び第2の測定点を水平面へ正射影した点の座標値はそれぞれ ($X_1, Y_1, 0$)、($X_2, Y_2, 0$) となり、第1及び第2の測定点の間の水平角 ϕ は、【数4】

位角、水平面積等のカメラの姿勢に影響される測量値も得ることができる。

【0075】次に図21を参照して、本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態が第1の実施形態と異なるのは、測定点に対応する画素を選択する際の入力手段のみであり、他の部分については第1の実施形態と同一である。

【0076】図21は、第2の実施形態のカメラ型の測距装置の背面図である。第1の実施形態では、入力装置としてタッチパネルを用いたが、第2の実施形態では画面上に表示された矢印型のカーソル63と、この動きを操作するための方向指示ボタン61と、決定ボタン62によって行われる。方向指示ボタン61の上下左右方向を向いた矢印部を押すことにより、カーソル63は画面上を対応する方向へ移動する。また、カーソル63の先端部を目的の画素や項目に合わせた後、決定ボタン62を押すとその画素や項目が選択される。

【0077】以上により、第2の実施形態においても第1の実施形態と同様の効果を得られる。

【0078】本実施形態では、入力装置としてタッチパネルや、方向指示ボタンを用いたが、方向指示ボタンに替えてトラックボールを用いてもよい。

【0079】また、2つの測定点の間の斜距離や、第1の測定点をカメラ座標系の原点として第2の測定点までの斜距離(カメラからの距離)を求める斜距離算出処理において、前者の場合には入力デバイスによる画面上の2つの点の位置指定を各々点でのシングルクリックにより行ない、後者の場合には第2の測定点に対応する画面上の1点をダブルクリックすることによって行なってもよい。水平角の場合も同様に、例えば方位角を求める際にはダブルクリックにより任意の一点を指定し、2点を指定しての水平角を求めるときには各点においてシングルクリックを行なうことにより2つの点を指定するようにしてもよい。

【0080】本実施形態では、カメラの高さを考慮して

いないが、例えばカメラを三脚等に固定し、計測されたカメラの水平基準面からの高さや標高をタッチパネル等の入力装置を用いてカメラに入力して、測定点の標高等を算出できるようにしてもよい。

【0081】なお本実施形態では、選択された2点間の斜距離、カメラと選択された点との斜距離（距離）、選択された2点間の水平角、選択された1点の方位角、選択された3点の水平面積など5種類の測量値を算出する方法について示したが、本発明の測距装置において算出される測量値はこれに限定されるわけではなく、上述の座標値から求められる如何なる測量値であってもよい。例えば、測量値が2つの測定点の間の斜距離を水平面へ投影した水平距離、2つの測定点の間の高低差、緯線に沿った距離である緯距、経線に沿った距離である経距、カメラの焦点から測定点へ伸ばした半直線が水平面となす角である高度角、カメラの焦点から測定点へ伸ばした半直線が鉛直軸となす角である鉛直角、3点以上の多角形の水平面積等であってもよい。

【0082】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、計測点間の斜距離や水平角、または3つの計測点に対応する水平面積等、通常の測量において目的とされる測量値を簡便に検出する測距装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態であるカメラ型の測距装置の斜視図である。

【図2】図1に示すカメラの回路構成を示すブロック図である。

【図3】測距光による距離測定の原理を説明するための図である。

【図4】測距光、反射光、ゲートパルス、およびCCDが受光する光量分布を示す図である。

【図5】CCDに設けられるフォトダイオードと垂直転送部の配置を示す図である。

【図6】CCDを基板に垂直な平面で切断して示す断面*

*図である。

【図7】被写体までの距離に関するデータを検出する距離情報検出動作のタイミングチャートである。

【図8】距離情報検出動作のフローチャートである。

【図9】再生モードのときに実行されるプログラムのフローチャートである。

【図10】カメラの背面に設けられたLCDパネルの配置及びそこに表示されるメニューを例示した図である。

【図11】斜距離算出処理のサブルーチンのフローチャートである。

【図12】選択された2つの測定点の間の斜距離を求めるときの画面表示を例示したものである。

【図13】座標系xyz、CCD28、CCD28の画素とそれに対応する被写体上の点との関係を表した図である。

【図14】CCD28の正面図である。

【図15】カメラの撮影光学系における焦点とCCD28との関係を示す水平断面図である。

【図16】カメラの撮影光学系における焦点とCCD28との関係を示す垂直断面図である。

【図17】カメラと選択された測定点までの斜距離を求めるときの画面表示を例示したものである。

【図18】水平角算出処理のサブルーチンのフローチャートである。

【図19】座標系xyzと座標系XYZとの関係を示す図である。

【図20】水平面積算出処理のサブルーチンのフローチャートである。

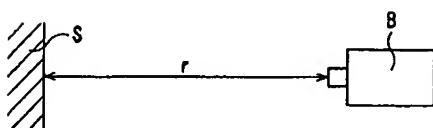
【図21】本発明の第2の実施形態であるカメラ型の測距装置の背面図である。

【符号の説明】

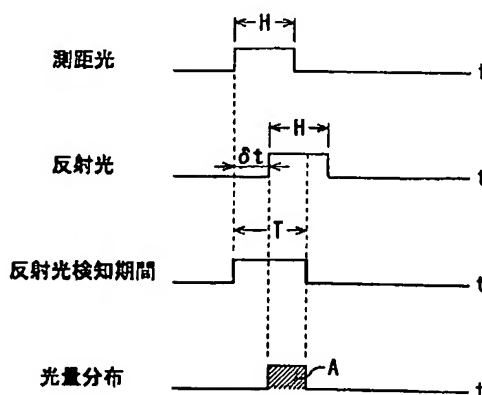
10 カメラ本体（測距装置）

23 タッチパネル

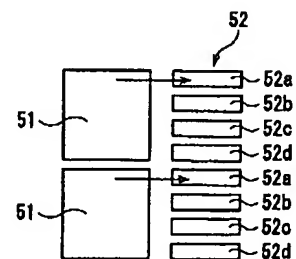
【図3】



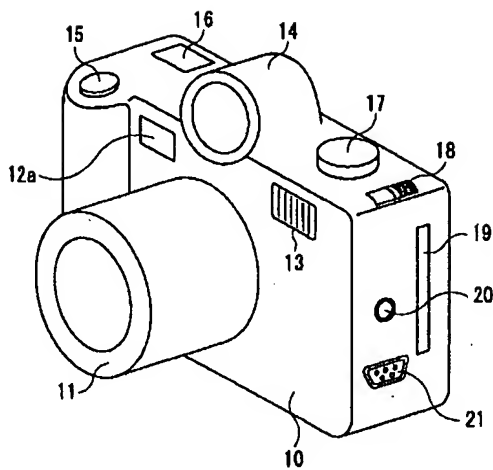
【図4】



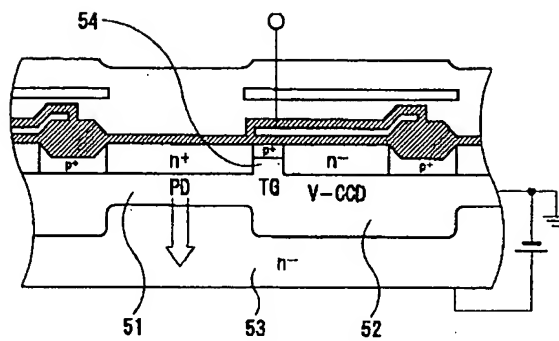
【図5】



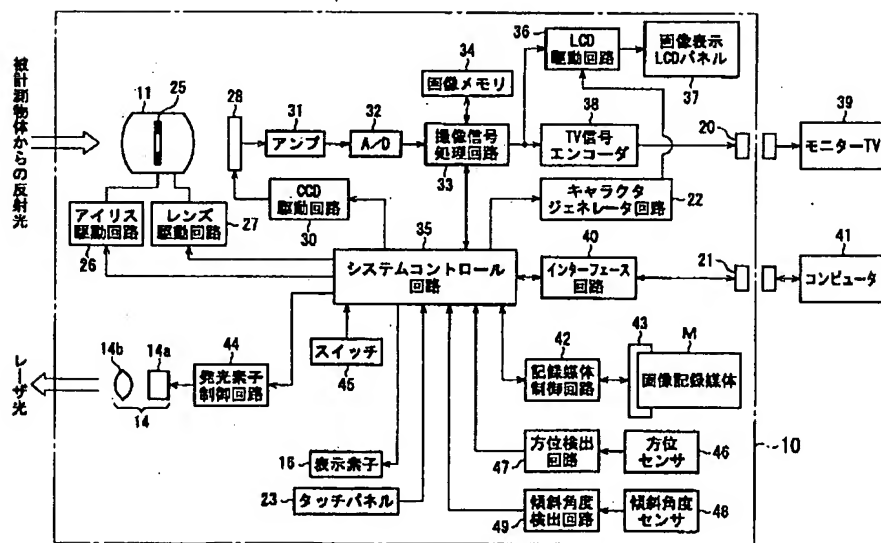
【図1】



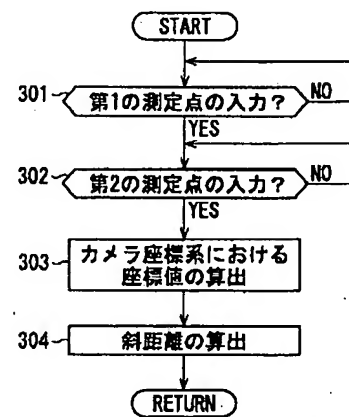
【図6】



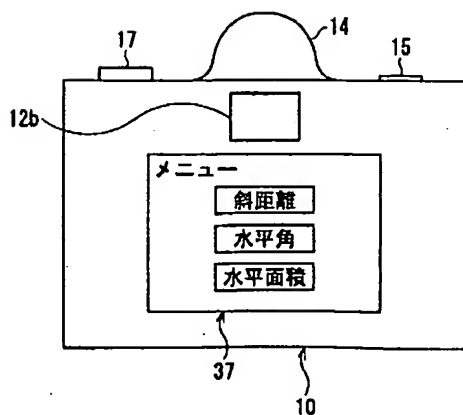
【図2】



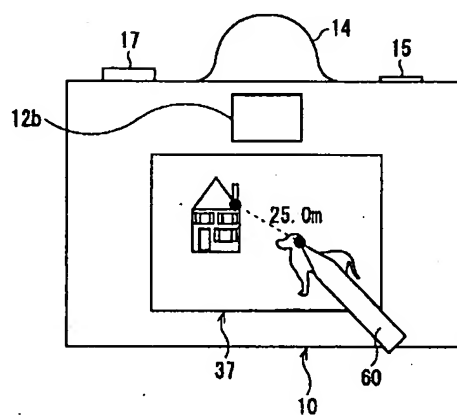
【図11】



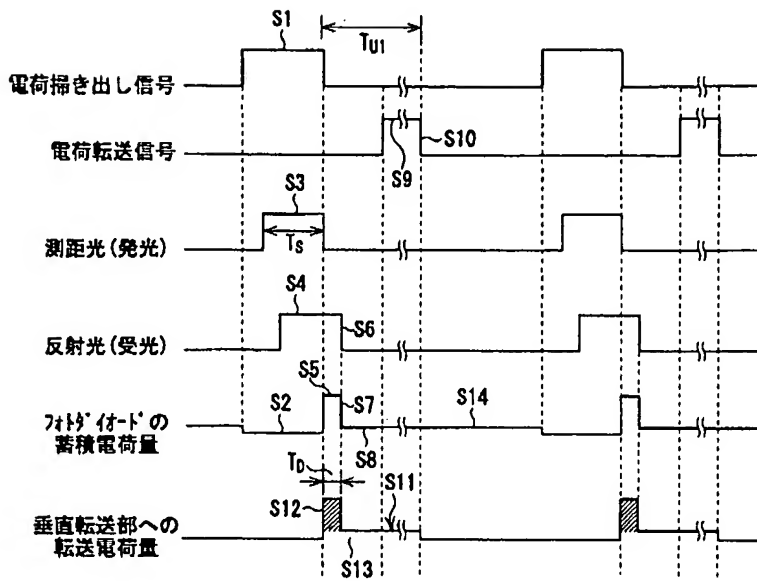
【図10】



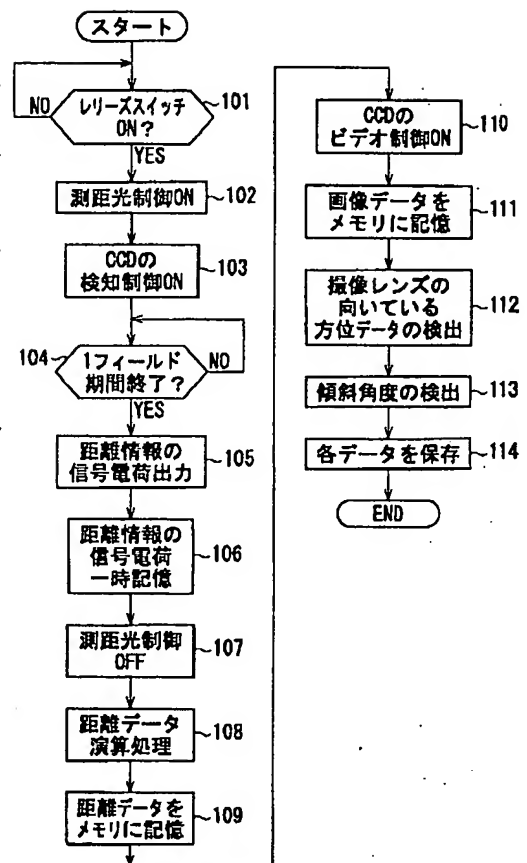
【図12】



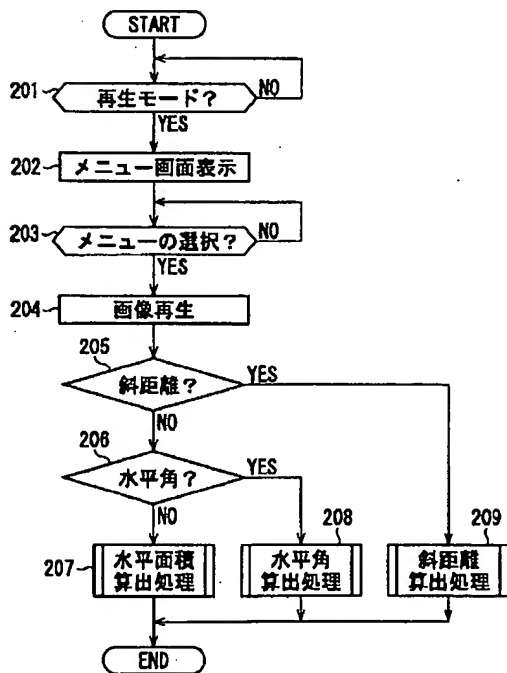
【図7】



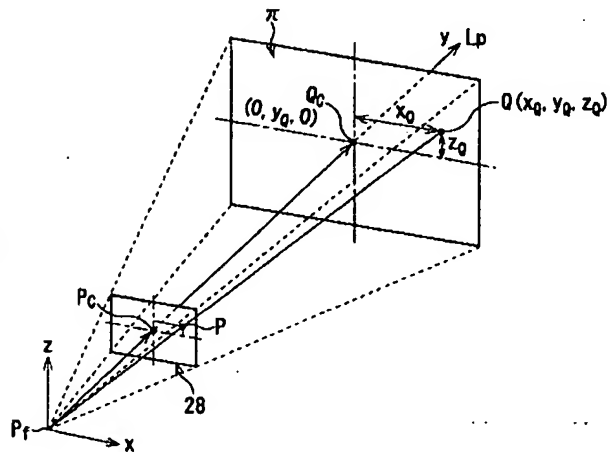
【図8】



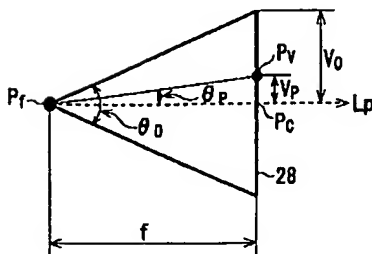
【図9】



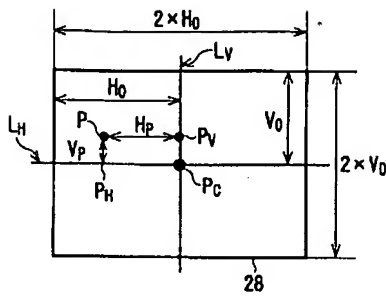
【図13】



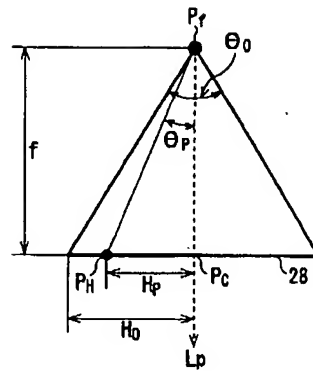
【図16】



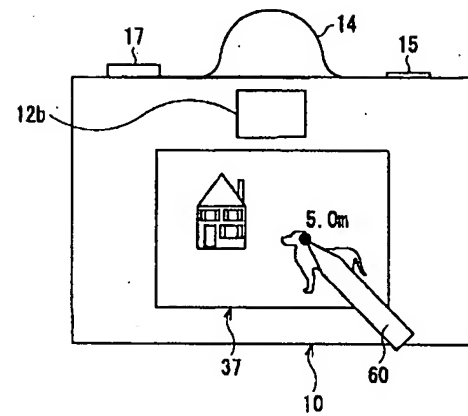
【図14】



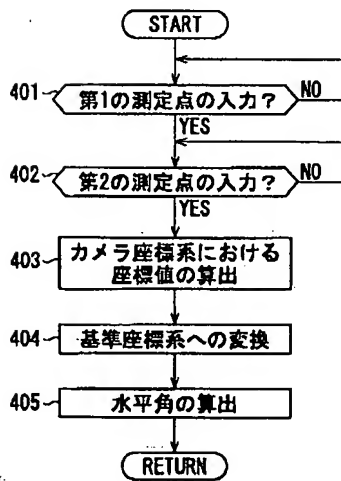
【図15】



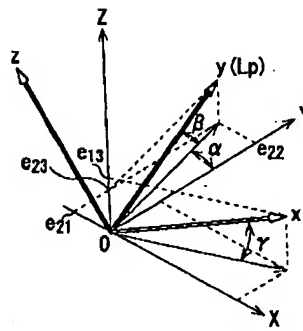
【図17】



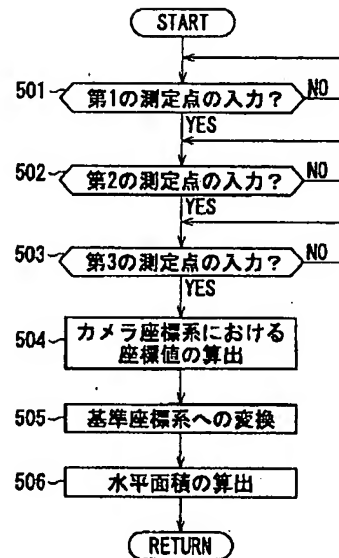
【図18】



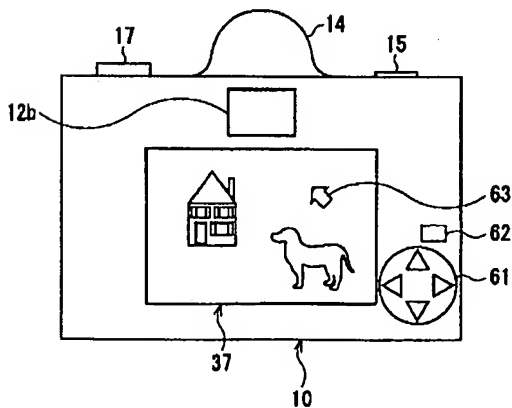
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F112 AA02 AD01 BA02 CA02 CA08
CA12 DA25 DA28 FA03 FA07
FA21 FA29
5C022 AA01 AB24 AB62 AC01 AC31
AC42
5C061 AA20 AB03 AB06 AB12 AB14
AB17